บทที่ 3
การตรวจเอกสาร

การชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำ(water erosion)

"การชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำ" แปลมาจาก คำว่า " water - erosion" คำว่า erosion นั้น มีการแปลออกมาเป็นภาษาไทยหลายคำด้วยกัน เช่น "การชะล้างพังทลาย" "การพังทลาย" "การกัดกร่อน" "การเซาะกร่อน" สำหรับบัณฑิตสถานนั้นแปลว่า "กษัยการ"(สมเจตน์ 2522)

สำหรับความหมายของการชะล้างพังทลายของดิน นั้น มีผู้ให้ความหมายไว้หลายท่านด้วยกัน เช่น สมเจตน์ (2522) ให้ความหมายไว้ว่า ขบวนการชะล้างพังทลายของดิน หมายถึง การที่อนุภาคของดินถูกทำให้แตกกระจายออกจากกัน และอนุภาคของดินที่ถูกทำให้แตกกระจายจะถูกทำให้เคลื่อนที่ไปจากที่เดิมไปทับถมในแหล่งใหม่ การเคลื่อนที่ของอนุภาคดินนั้นเป็นไปได้หลายรูปแบบ เช่น การกระเด็น การกลิ้ง การลื่น และการถูกพัดพา Kirkby (1980) ได้ให้ความหมายไว้ว่า "เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุไปบนผิวดินโดยน้ำ" ส่วน Ellison (1947) ให้ความหมายของการชะล้างพังทลายของดินว่า "เป็นขบวนการแตกกระจายและเคลื่อนย้ายวัสดุดิน โดยตัวการที่ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลาย" Satterlund (1972) ได้ให้ความหมายไว้ว่า "เป็นขบวนการชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้นได้เมื่ออนุภาคของดินแตกกระจายออกจากกัน จะเคลื่อนที่ออกไปจากที่เดิมโดยตัวการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ที่สำคัญได้แก่ น้ำไหลบ่าและอนุภาคของดินเหล่านี้จะถูกพัดพาไปทับถมในแหล่งใหม่"

Willrich และ Smith (1970: อ้างโดยมนูและคณะ 2526) ได้อธิบายความหมายของตะกอนและการพังทลายของดินว่าไม่ใช่สิ่งเดียวกัน แต่มีความสัมพันธ์กันอย่างมากและอาจใช้แทนกันได้ ทั้งนี้เพราะตะกอนหมายถึง ปริมาณของวัตถุดินที่ถูกพัดพาลงสู่ลำน้ำ แต่การชะล้างพังทลายของดินหมายถึง การกัดเซาะและพัดพาดินจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง แต่ไม่ได้รวมลงไปถึงตะกอนในน้ำ ซึ่งจะเห็นว่าการพังทลายของดินเป็นต้นเหตุของการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกิดตะกอนในลำน้ำ

ขบวนการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำ (water erosion process)

การชะล้างพังทลายของดินเริ่มต้นจากการแตกกระจายของเม็ดดิน โดยขบวนการที่ทำให้อนุภาคของดินแตกกระจาย (detaching process) โดยการตกกระทบผิวหน้าดินของเม็ดฝนแล้วอนุภาคของดินที่แตกกระจายจะถูกเคลื่อนย้ายไปจากที่เดิม ซึ่งเรียกว่าขบวนการเคลื่อนย้าย (transporting process) ขบวนการทั้งสองนี้เกิดขึ้นจากตัวการที่เรียกรวม ๆ กันว่า "ตัวการที่ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลาย(erosive agent) ซึ่งในที่นี้ตัวการที่สำคัญคือน้ำฝน ส่วนขบวนการสุดท้ายคือการตกตะกอนของอนุภาค (deposition) ซึ่งอนุภาคของดินจะตกตะกอนเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก และการลดลงของความเร็วกระแสน้ำ

Ellison (1947) ได้บรรยายถึงขบวนการเกิดการชะล้างพังทลายของดินว่ามีลักษณะที่สำคัญอยู่ 4 ประการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ คือ

1. ความสามารถที่ทำให้อนุภาคดินแตกกระจาย(detaching capacity) ของตัวการที่ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลาย ได้แก่เม็ดฝนที่ตกลงมาและน้ำไหลบ่าบนผิวดิน ความสามารถในการทำให้ดินแตกกระจายของเม็ดฝนนั้นขึ้นอยู่กับขนาดเม็ดฝน ความหนักเบาของฝน(intensity) ความเร็วในการตกของฝน ทิศทางลมและความเร็วของลม ส่วนความสามารถของน้ำที่ไหลบ่านั้นจะขึ้นกับความสามารถในการแตกกระจายของดินพลังงานของน้ำไหลบ่า ปริมาณของวัตถุที่น้ำพัดพามาและสมบัติในการขัดสีของวัตถุที่น้ำพัดพามา นอกจากปัจจัยหลักทั้งสองแล้ว ตัวการอื่นที่ยังสามารถทำให้เกิดการแตกกระจายของเม็ดดินได้คือ การแห้งและเปียกของดินเอง การแข็งตัวและการละลายตัวของน้ำในดิน การเหยียบย่ำของสัตว์และการจัดการทางเกษตรกรรมของมนุษย์

2. ความสามารถในการแตกกระจายของดิน (soil detachability) ความสามารถอันนี้จะขึ้นกับสมบัติของดินและสภาพแวดล้อมของดินนั้น ๆ ได้แก่สมบัติทางกายภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

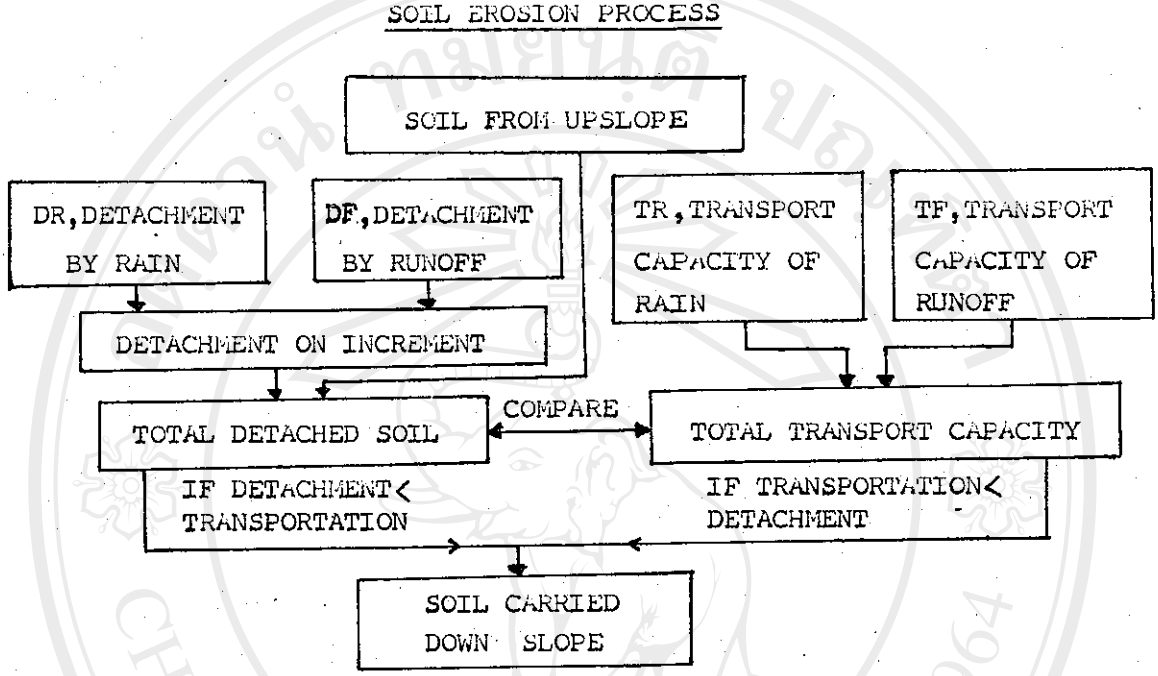
ของดินเช่นเนื้อดิน โครงสร้างของดิน ความสามารถในการซาบซึมน้ำของดิน อากาศในดิน การซึมน้ำผ่านผิวดิน การขยายและหดตัวของดิน ความชื้นในดิน สภาพผิวหน้าดินและขนาดของอนุภาคดิน สมบัติทางเคมี เช่น ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณของประจุโซเดียม (exchangable sodium) เกลือที่ละลายน้ำได้ (soluble salt) ปริมาณของ SiO_2 และ sesquioxide

3. ความสามารถในการขนย้าย(transporting capacity) ของตัวการที่ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลาย ตัวการในขบวนการขนย้ายได้แก่ น้ำที่ไหลบ่าไปบนผิวดินนับว่าเป็นตัวการที่สำคัญในขบวนการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการไหลในลักษณะเป็นร่อง (channel flow) หรือการไหลแบบวนเวียน (turbulent flow) ส่วนการไหลบ่าบนพื้นผิวหน้าดินนั้นมีอิทธิพลน้อยกว่าการไหลแบบร่อง ตัวการอีกอันหนึ่งได้แก่การกระเด็นของเม็ดดินด้วยแรงกระแทกของเม็ดฝน (splash erosion) จะมีผลในการเคลื่อนย้ายของอนุภาคดิน มากหรือน้อยขึ้นกับสภาพของพื้นที่ ถ้าเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง การเคลื่อนย้ายโดยการกระเด็นจะมีมากกว่าพื้นที่ราบ นอกจากนี้ยังมีตัวการในการขนย้ายดินอื่น ๆ อีกเช่น สัตว์เลี้ยง อุปกรณ์การไถพรวน แรงดึงดูดของโลกและมนุษย์โดยทั่ว ๆ ไปแล้วการเคลื่อนย้ายอนุภาคดินโดยน้ำไหลบ่าจะมีมากหรือน้อยขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ ประกอบด้วย คือ 1) การเปลี่ยนแปลงความเร็วของน้ำที่มีสารแขวนลอยอยู่ 2) ความลึกของการไหล ซึ่งจะทำให้ปริมาตรของการไหลมีมากถ้ามีการไหลเร็วและเป็นแบบร่องลึก 3) ความสามารถของการไหลที่จะรักษาสภาพของสารแขวนลอยไว้ 4) ความสามารถในการขนย้ายของน้ำไหลบ่า ซึ่งจะขึ้นกับความเร็วในการตกของฝนและขนาดของเม็ดฝน

4. ความยากง่ายในการเคลื่อนย้ายของดิน (transportability) เป็นลักษณะของอนุภาคดินที่จะยากหรือง่ายต่อการถูกพัดพาไปด้วยน้ำขึ้นกับ 1) ขนาดของอนุภาคที่ถูกทำให้แตก 2) ความหนาแน่นของอนุภาคที่ถูกทำให้แตกและ 3) รูปร่างลักษณะของอนุภาคดินที่ถูกทำให้แตก

จากลักษณะทั้ง 4 ที่กล่าวมาแล้วสามารถสรุปเป็นแผนภาพแสดงถึงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ตามแนวความคิดของ Mayer และ Wischmeier (1969) ได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขบวนการเคลื่อนย้าย และขบวนการแตกกระจายของดินที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำ (Mayer and Wischmeier 1969)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำ (Factors affecting water erosion)

การชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำเป็นตัวการนั้น จะมีลักษณะการเกิดที่แตกต่างกันในแต่ละบริเวณ ทั้งนี้เพราะในสถานที่ต่าง ๆ มีปัจจัยที่ส่งเสริมและยับยั้งการชะล้างพังทลายแตกต่างกันออกไป ปัจจัยที่สำคัญได้แก่

1. ปัจจัยที่เกี่ยวกับสมบัติและธรรมชาติของดิน (properties and nature of soil) สมบัติของดินที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดิน ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างของดิน การซึมซาบน้ำของดิน ความจุของประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ปริมาณโซเดียมที่ถูกดูดซับ ความพรุนของดิน ความต้านทานต่อแรงเฉือน การเกาะกันของเม็ดดินเอง การยึดและหดตัวของดิน ลักษณะหน้าตัดของดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เป็นต้น (สมเจตน์ 2522, มนู 2526 และ Lal, 1984)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ปัจจัยเกี่ยวกับภูมิอากาศ (climate) ส่วนประกอบของปัจจัยภูมิประเทศที่กระทบต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดินมีดังนี้ ฝน ลม ความชื้น อุณหภูมิ และการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล จากปัจจัยทางภูมิอากาศทั้ง 5 นี้ ฝนนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ในเขตร้อนนั้นลักษณะความรุนแรงของฝน (intensity) จะสูงมากกว่าในเขตอบอุ่น (temperate) เป็นผลให้พลังงานของฝนในเขตร้อนมีค่าสูงและมีความสามารถในการกัดเซาะได้สูงกว่า (Hudson, 1981) ในประเทศไทยนั้นลักษณะของฝนจะผันแปรมาก จากภาคหนึ่งไปยังอีกภาคหนึ่ง มีทั้งลักษณะลมฟ้าอากาศที่เป็นแบบป่าดิบเขตร้อน (tropical rain forest climate) และแบบซาวานนา (savannah climate) ความรุนแรงของการชะล้างพังทลายในแต่ละภูมิภาคจึงแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของฝน (มนู 2526)

3. ปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศ (topography) ส่วนประกอบของสภาพภูมิประเทศที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินได้แก่ 1) ความชันของความลาดเท 2) ความยาวของความลาดเท 3) ชนิดของความลาดเท 4) ความสม่ำเสมอของความลาดเท 5) ทิศทางของความลาดเท 6) ความไม่สม่ำเสมอของผิวดินบนความลาดเท โดยทั่วไปแล้วถ้าความชันของความลาดเทมากขึ้น การสูญเสียดินจะมากขึ้นตามไปด้วย แต่ความรุนแรงของการเพิ่มนั้นจะขึ้นกับทิศทาง รูปร่าง ของความลาดเทและเศษเหลือของพืชบนผิวดินด้วย (Lal, 1976) แต่ปัจจัยความยาวของความลาดเทมีผลในทางตรงกันข้ามกับความชัน กล่าวคือ ถ้าความยาวของความลาดเทมาก ปริมาณของน้ำไหลบ่าและการสูญเสียดินต่อหน่วยพื้นที่จะลดลง (Lal,1976;1983a,b) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำที่ไหลบ่าบนผิวดิน มีเวลาในการซึมลงไปในดินได้มาก แต่ทั้งนี้ย่อมขึ้นกับรูปร่างของความลาดเทด้วย (ตารางที่ 7)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงความยาวของความลาดเท ที่ก่อให้เกิดการสูญเสียดิน (erosion slope length) พบว่าความยาวของความลาดเทมากขึ้น การสูญเสียดินทั้งหมดจะมากขึ้นตามไปด้วย กล่าวคือถ้าความยาวของความลาดเทมากขึ้นเป็น 2 เท่า การสูญเสียดินจะมากขึ้นเป็น 1.5 เท่า ทั้งนี้เนื่องมาจากความเร็วของน้ำไหลบ่าเพิ่มมากขึ้นกว่าการเพิ่มปริมาณของน้ำไหลบ่า (Lal, 1983 b; Wischmeier และ Smith , 1976) สำหรับรูปร่างของความลาดเทพบว่า ชนิดของความลาดเทที่มีลักษณะโค้งนูน (convex

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

slope) จะมีการสูญเสียดินมากกว่าความลาดเทที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง (regular or straight slope) ส่วนความลาดเทแบบโค้งเว้า (concave slope) จะมีการสูญเสียดินน้อยที่สุด (สมเจตน์ 2522;Lal, 1984) และถ้าความลาดเทที่ไม่สม่ำเสมอ การชะล้างพังทลายของดินก็จะต่ำลงอีก (สมเจตน์ 2522) ในซีกโลกเหนือความลาดเทที่หันไปทางทิศใต้และตะวันตกจะมีการชะล้างพังทลายของดินสูงกว่าทางทิศเหนือและทางทิศตะวันออก ทั้งนี้เพราะในซีกโลกเหนือความลาดเทที่หันหน้าไปทางทิศใต้ จะตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ได้มากกว่าความลาดเทที่หันหน้าไปทางทิศเหนือ ทำให้การระเหยของน้ำมีมาก พืชพรรณที่ขึ้นมีน้อยและเจริญเติบโตช้า ทำให้ผิวหน้าดินมีสิ่งปกคลุมและอินทรีย์วัตถุน้อย ส่วนความลาดเทที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกจะเป็นด้านที่ได้รับแสงอาทิตย์ในช่วงบ่ายซึ่งร้อนกว่าช่วงเช้ามาก ทำให้การระเหยน้ำมีมาก ดินแห้ง พืชพรรณที่ขึ้นลดน้อยและเจริญเติบโตช้า ดินจึงมีสิ่งปกคลุมและอินทรีย์วัตถุน้อย ดังนั้นทิศทางของความลาดเทที่หันไปทางทิศตะวันตก จึงมีการสูญเสียดินมากกว่าความลาดเทที่หันหน้าไปทางทิศเหนือและตะวันออกตามลำดับ

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณการชะล้างพังทลายของดินและน้ำไหลบ่า ที่มีความยาวและความชันของความลาดเทต่าง ๆ กัน

ความยาว (เมตร)	ปริมาณน้ำไหลบ่า(มม.) % ความลาดเท 1	5	10	15	เฉลี่ย	ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/เฮกตาร์/ปี) % ความลาดเท 1	5	10	15	เฉลี่ย
5	197.8	578.5	508.0	403.3	419.4	4.5	143.4	219.1	190.7	139.4
10	245.3	288.8	302.7	265.7	275.6	2.8	94.5	229.6	212.4	134.8
15	188.2	231.7	189.9	205.9	203.9	6.5	117.4	235.8	288.5	162.1
20	96.4	165.7	160.3	164.8	146.8	2.2	52.0	163.5	306.0	130.9
เฉลี่ย	179.5	316.1	290.3	259.9	-	4.0	101.8	212.0	249.0	-

ที่มา : Lal (1981)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. พืชพรรณและการใช้ที่ดิน การใช้ที่ดินมีผลต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดินมาก เพราะการใช้ที่ดินบางประเภทเป็นการเร่งหรือส่งเสริมให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินมากขึ้น ในขณะเดียวกันการใช้ที่ดินบางชนิดก็เป็นการลดการชะล้างพังทลายของดิน ทั้งนี้ขึ้นกับว่าการใช้ที่ดินนั้นในบริเวณเป็นการสร้างหรือทำลายสิ่งปกคลุมดิน หรือการใช้ที่ดินนั้นจะมีการรบกวนดินมากหรือน้อย และอยู่ในช่วงของตัวการ (erosive agent) กำลังมีความสามารถในการทำลาย (erosive power) สูงหรือต่ำ (สมเจตน์ 2522) ส่วนลักษณะของพืชขึ้นกับสภาพของเรือนยอดและทรงพุ่มว่ามีความสามารถในการลดแรงปะทะของเม็ดฝน และชลอความเร็วของน้ำไหลบ่าได้มากน้อยแค่ไหน (มนู 2526) ค่าความสามารถในการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ดูในภาคผนวกที่ 11,12 ส่วน Lal(1981) ได้ศึกษาถึงวิธีการต่าง ๆ ในการบุกเบิกพื้นที่ป่าไม้และการจัดการดินที่มีผลต่อการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่า ซึ่งผลการทดลองปรากฏดังตารางที่ 8 ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณน้ำไหลบ่าและการสูญเสียดินจากแปลงที่ใช้แรงคนในการบุกเบิกจะน้อยกว่าแปลงที่ใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ และแปลงที่ไม่ได้ไถพรวนก็น้อยกว่าแปลงที่ได้รับการไถพรวน ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ ในการบุกเบิกป่าไม้และการไถพรวนดินจะทำให้โครงสร้าง ความพรุน และการซึมน้ำของดินลดลง มีผลทำให้เกิดน้ำไหลบ่าและการสูญเสียดินมากขึ้น อย่างไรก็ตามการบุกเบิกพื้นที่โดยเครื่องจักรขนาดใหญ่ดังกล่าว ถ้าไม่มีการนำซากพืชออกจากแปลงก็สามารถลดปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าและการสูญเสียดินให้น้อยลงได้เช่นกัน

ในประเทศไทยนั้น Lal (1984) ได้อ้างรายงานของ Virgo และ Vessel-muiden(1979) ในการศึกษาการสูญเสียดินในแปลงหญ้า แปลงปลูกกาแฟและที่เปิดโล่ง ผลการศึกษาปรากฏดังรูปที่ 8

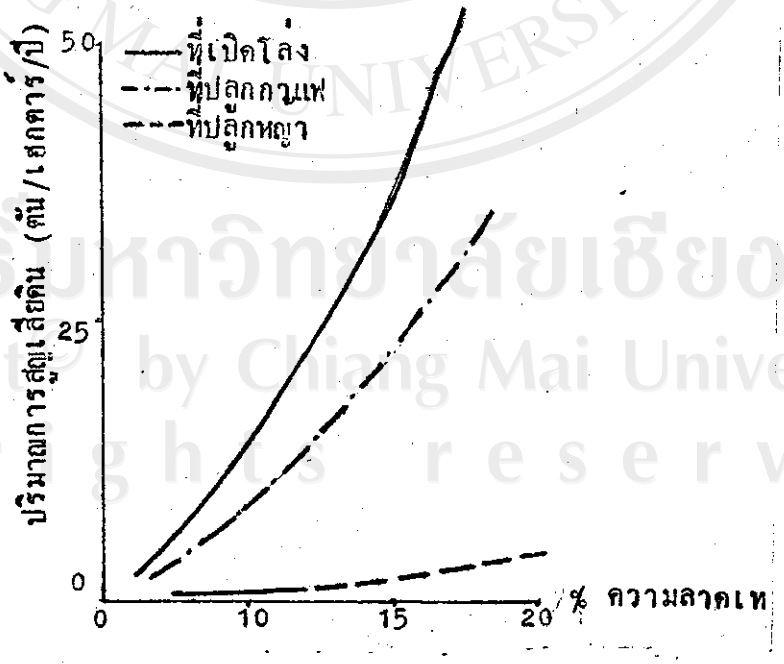
5. การจัดการเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ ปัจจัยนี้ส่วนมากจะมีผลในการลดการสูญเสียดินในพื้นที่ทั่ว ๆ ไป การจัดการเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ ได้แก่การปลูกพืชตามแนวระดับ การปลูกพืชสลับ การทำคันดินกั้นน้ำและอื่น ๆ จะดูรายละเอียดได้ในเรื่องการหาค่าปัจจัยการอนุรักษ์ดินและน้ำและในภาคผนวกที่ 16 จากปัจจัยพื้นฐานทั้ง 5 Hudson (1981) ได้แสดงความสัมพันธ์เป็นแผนภาพซึ่งเป็นรูปแบบของสมการการสูญเสียดินสากลดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณของน้ำไหลบ่า และการสูญเสียดินที่เกิดจากวิธีการนำเอาพื้นที่ป่าไม้มาใช้ประโยชน์โดยวิธีการต่าง ๆ

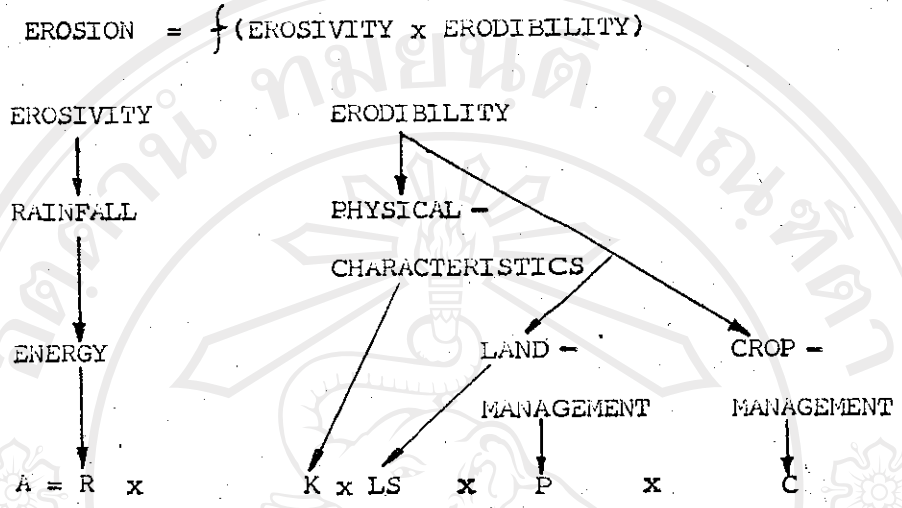
วิธีการ	ปริมาณน้ำไหลบ่า (มม./ปี)	ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/เฮกตาร์/ปี)	ความเข้มข้นของตะกอน (กรัม/ลิตร)
การทำการเกษตรแบบเกษตรกรนิยม	2.6	0.01	0.0
บุกเบิกด้วยแรงคน≠ไม่ไถพรวน	15.5	0.4	3.4
บุกเบิกด้วยแรงคน≠ไถพรวนแบบเกษตรกรนิยม	54.3	4.6	8.6
รถดิดใบมีดเกรด≠ไม่ไถพรวน	85.7	3.8	5.7
รถถอนต้นไม้≠ราก≠ไม่ไถ	153.1	15.4	5.6
รถถอนต้นไม้≠ราก≠ไถพรวน	250.3	19.6	13.0

ที่มา: Lal(1983 a,b)



รูปที่ 8 แสดงอิทธิพลของการใช้ที่ดินต่อการสูญเสียดิน ที่มีความลาดเทระดับต่าง ๆ (Virgo และ Yesselmuiden,1979)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



<u>ปัจจัยเร่งที่ทำให้การชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้นรุนแรง</u>

มนู (2526) ได้รายงานถึงปัจจัยที่เป็นตัวเร่ง ที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินรุนแรงผิดปกติ ไว้ดังนี้

1) ปริมาณฝนที่ตกผิดปกติ นอกจากสภาพของฝนที่ตกตามปกติและตามฤดูกาลแล้ว ฝนในลักษณะของใต้ฝุ่นหรือหย่อมความกดอากาศต่ำ (depression) ซึ่งก่อให้ฝนที่ตกมากผิดปกติทั้งปริมาณและความรุนแรงของฝน ปกติประเทศไทยได้รับอิทธิพลของฝนประเภทนี้ไม่รุนแรงมากเท่ากับประเทศที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดหรือแหล่งก่อตัวของพายุดังกล่าว เช่นประเทศฟิลิปปินส์ ฮ่องกง ไต้หวัน ฯลฯ ในประเทศไทยบริเวณที่เคยได้รับอิทธิพลของพายุดังกล่าวได้แก่ บริเวณภาคใต้ของประเทศ

2) การบุกรุกทำลายป่าเพื่อการทำไร่เลื่อนลอย จากสภาพของการขาดแคลนที่ทำกิน เพราะมีประชากรเพิ่มขึ้นสูง ก่อให้เกิดปัญหาบุกรุกทำลายป่าเพื่อทำไร่เลื่อนลอย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้การชะล้างพังทลายของดินมีความรุนแรง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงในประเทศกำลังพัฒนา Morgan (1979) พบว่า การสูญเสียดินในประเทศมาเลเซียจะเพิ่มขึ้นถึง 5 เท่า ถ้าป่าที่สมบูรณ์ถูกทำลายเหลือเพียง 64 เปอร์เซนต์ นอกจากนั้น Lal (1984) ได้รวบรวมงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์คนอื่นที่ได้ศึกษาผลกระทบของการบุกรุกทำลายป่า (ตารางที่ 9)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณการสูญเสียดิน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าไม้

ผู้วิจัย (สถานที่)	วิธีการ	ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/เฮกตาร์/ปี)
1. Ramos Merinho (1980)	- ทิ้งที่ดินว่างเปล่า	115.4
(tropical south america)	- ไม้พุ่มเตี้ย	8.6
	- ป่าไม้/ไม้พุ่มเตี้ย	1.2
2. Leigh (1973,1982)	- ป่าไม้	0.336
(Malaysia)	- ปลูกชา	6.73
	- พื้นที่ทำการเกษตรทั่วไป	10.09
3. Chinamani (1977)	- ปลูกชา การจัดการไม่ดี	40.50
(southern India)	- ป่าไม้สมบูรณ์	0.06
4. Lam (1978)	- ป่าสมบูรณ์	2.2
(Hong Kong)	- ป่าถูกทำลายบางส่วน	67.28
	- ป่าถูกทำลายหมด	96.88
5. Roose (1979)	- ป่าไม้ถูกทำลาย	20.90
(ivory coast)	- ป่าไม้สมบูรณ์	0.020-0.45

ที่มา : ดัดแปลงจาก Lal (1984)

3) การก่อสร้างต่าง ๆ ในการก่อสร้างต่าง ๆ ถ้ารบุกเบิกพื้นที่เพื่อการสร้างแหล่งชุมชนหรือสถานที่ราชการต่าง ๆ ในบริเวณที่สูงย่อมทำให้เกิดการเสียสมดุลย์ของธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะมีการเปิดหน้าดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีความลาดชันสูง เมื่อฝนตกลงมาจะเกิดการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรง จนกว่าพื้นที่ที่ถูกรบกวนจะถูกปกคลุมด้วยพืชพรรณชนิดใหม่ หรือมีการอนุรักษ์ดินที่เหมาะสม สภาพการกัดเซาะที่รุนแรงนี้พบได้ทั่วไปในชุมชนชาวเขาที่อาศัยในที่สูง ถือว่าเป็นปัญหาอย่างมากในการจัดการดินบนที่สูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4) การสร้างถนนและเส้นทางคมนาคม เมื่อสภาพความสมดุลย์ตามธรรมชาติเสียไปโดยไม่อาจหลีกเลี่ยงได้เพราะการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เช่นการสร้างถนน Das (1977) กล่าวว่า การตัดถนนหรือเส้นทางรถไฟไปตามพื้นที่ต่าง ๆ ทั้งที่ราบและที่ลาดชันบนภูเขา จะต้องใช้เวลาหลายปีจนกว่าความสมดุลย์ตามธรรมชาติจะกลับคืนสภาพเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่ขาดระบบการอนุรักษ์ดินที่ดีจะทำให้เกิดการสูญเสียดินได้ง่ายและรุนแรง ซึ่งมีผลทำให้การกลับเข้าสู่สมดุลย์ทางธรรมชาติเป็นไปได้ยาก และใช้เวลานานมาก

5) การทำการเกษตรที่ผิดวิธี การทำเกษตรที่ผิดวิธีที่ถือกันว่าเป็นตัวเร่งที่สำคัญของการชะล้างพังทลายของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการไถพรวนแบบเกษตรกรนิยมหรือการไถพรวนขึ้นลงตามความลาดเทของพื้นที่ เช่นใช้รถแทรกเตอร์ไถขึ้นและลงตามความลาดเท ซึ่งเป็นที่นิยมเพราะทำได้สดวกและรวดเร็ว ทำให้น้ำไหลบ่าไหลรวดเร็วยิ่งขึ้น ผลที่ตามมาก็คือมีการชะล้างพังทลายสูง

6) การเลี้ยงปศุสัตว์บนพื้นที่ภูเขา การที่เกษตรกรบุกรุกทำไร่เลื่อนลอยหรือมีอาชีพเลี้ยงปศุสัตว์ นำสัตว์เข้าไปเลี้ยงโดยอาศัยพืชพรรณธรรมชาติในพื้นที่นั้น ๆ เป็นแหล่งอาหาร หากเลี้ยงวัวและควายเป็นจำนวนมาก จะก่อให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดินรุนแรงตามมา เพราะดินถูกรบกวนและพืชพรรณที่ปกคลุมดินถูกแทะเล็มจนหมดไปด้วย ผิวดินจึงถูกเม็ดฝนตกกระทบโดยง่าย รอยเหยียบย่ำเป็นทางเดินของสัตว์จะชักนำให้เกิดการชะล้างพังทลายแบบเป็นร่องอีกด้วย

ประเภทของการชะล้างพังทลาย (Type of water erosion)

สมเจตน์ (2522) และ The water and soil directorate (1985) ได้จำแนกประเภทของการชะล้างพังทลายของดินโดยนำไว้ดังนี้

1) การแตกกระจัดกระจายของอนุภาคดิน (splash erosion) เป็นการพังทลายที่เกิดจากการกระแทกของเม็ดฝนลงบนผิวหน้าดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมเพียงพอ ทำให้ดินแตกกระจายออกจากกัน และทำให้ความสามารถในการซึมน้ำของดินลดลง เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายชนิดอื่นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2) การพังทลายแบบเป็นแผ่น (sheet erosion) เป็นการพังทลายของดินในลักษณะแผ่นบาง ๆ ที่เกิดจากการไหลของน้ำบนผิวดินในพื้นที่ที่มีความลาดเทสม่ำเสมอ การพังทลายแบบนี้จะเกิดขึ้นภายหลังการเกิดการชะล้างพังทลายแบบการแตกกระจัดกระจาย

3) การพังทลายแบบเป็นริ้ว (rill erosion) เป็นการพังทลายของดินแบบเป็นร่องขนาดเล็ก โดยมีขนาดกว้างไม่เกิน 45 เซนติเมตร และลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร (ชวลิต 2526)

4) การพังทลายแบบเป็นร่อง (gully erosion) เป็นการพังทลายของดินแบบร่องลึกที่มีขนาดกว้างและลึกมากกว่าการพังทลายแบบเป็นริ้ว

5) การพังทลายแบบอุโมงค์ใต้ดิน (piping or tunnel erosion) เป็นการพังทลายในรูปของอุโมงค์หรือท่ออยู่ใต้ดิน เมื่ออุโมงค์ถูกน้ำกัดเซาะมากขึ้น ในที่สุดดินบนของอุโมงค์ยุบตัวลงแล้วกลายเป็นการพังทลายแบบร่องต่อไป

6) การพังทลายตามริมฝั่งแม่น้ำ (stream bank erosion) เป็นการพังทลายของริมฝั่งแม่น้ำลำธาร เนื่องจากถูกกระแสน้ำกัดเซาะ

<u>การชะล้างพังทลายของดินที่สัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ (soil erosion toposequence)</u>

Bergsma (1984) กล่าวไว้ว่า การชะล้างพังทลายของดินที่มีส่วนสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศนั้น หมายถึง รูปแบบของการชะล้างพังทลายของดินที่ปรากฏขึ้นบนลักษณะภูมิประเทศหนึ่ง ๆ โดยเราเริ่มพิจารณาจากยอดสูงสุดของความลาดเทลงมาจนถึงฐานล่างของความลาดเท ลักษณะการชะล้างพังทลายของดินที่สัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศมักขึ้นกับชนิดและสภาพของพืชพรรณ การใช้ที่ดิน ลักษณะดิน และลักษณะภูมิประเทศเอง อย่างไรก็ตาม รูปแบบที่เราพบเห็นกันเสมอ ๆ คือ ส่วนบนของความลาดเทจะเป็นการชะล้างพังทลายแบบเป็นแผ่นต่ำลงมาจะเป็นแบบเป็นริ้ว และในส่วนล่างอาจพบการชะล้างพังทลายแบบเป็นร่องจนถึงบริเวณที่ราบเชิงเขา อย่างไรก็ตามลักษณะของการชะล้างพังทลายของดินที่สัมพันธ์กับสภาพกับสภาพภูมิประเทศ ยังไม่มีรูปแบบที่แน่นอนตายตัว เพราะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่ควบคุมการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละพื้นที่ที่มีความลาดเทนั้น ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การพัฒนารูปแบบของการชะล้างพังทลายที่เกี่ยวกับเวลาการใช้ที่ดิน (The development of erosion with time)

Bergsma (1984) ได้เสนอรูปแบบของการพัฒนารูปแบบของการชะล้างพังทลายของดินไว้ดังรูปที่ 9 กล่าวคือในช่วงแรกถ้าไม่มีการนำเอาที่ดินในพื้นที่ป่าไม้ธรรมชาติมาใช้งาน การชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นจะเป็นไปในรูปแบบที่ได้สมดุลย์กับการเกิดดิน ทำให้ความลึกของหน้าดินไม่เปลี่ยนแปลง ($t_0 - t_1$) เมื่อมีการบุกรุกเข้าไปทำการเกษตรโดยมนุษย์การชะล้างพังทลายของดินจะสูงมากขึ้น ความลึกของหน้าดินเริ่มลดน้อยลง ซึ่งการสูญเสียหน้าดินนี้จะเป็นไปอย่างช้า ๆ ในตอนแรก ($t_1 - t_2$) และจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อมีการใช้ที่ดินมากขึ้น ($t_2 - t_3$) เมื่อถึงตอนนี้เกษตรกรเริ่มตระหนักถึงผลเสียของการสูญเสียหน้าดินหรือการชะล้างพังทลายของดิน มีการหาวิธีการควบคุมและป้องกันมิให้มีการสูญเสียหน้าดินอีกหรือพยายามปรับปรุงให้มีหน้าดินลึกมากขึ้น ถ้าเกษตรกรสามารถทำได้ผลก็จะทำให้หน้าดินมีความลึกคงเดิมหรืออาจเพิ่มขึ้นได้เล็กน้อย (ดูเส้น +++++)แต่ถ้าเกษตรกรขาดการอนุรักษ์ดินแล้ว หน้าดินก็จะลดลงมาเรื่อย ๆ ซึ่งจะชักนำให้เกิดการชะล้างพังทลายแบบเป็นร่องเป็นผลให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อพื้นที่ที่จะทำการเกษตร หน้าดินและดินล่างบางส่วนจะสูญเสียไปเกือบหมดในช่วงนี้ (t_4) และถ้าไม่มีการควบคุมการพังทลายแบบร่องนี้แล้ว จะทำให้ที่ดินบริเวณดังกล่าวกลายเป็นพื้นที่ไร้คุณค่า (Bad Lend) ไปได้ในที่สุด เกษตรกรที่ทำกินอยู่ก็ต้องละทิ้งที่ดินไปสู่การทำกินในที่แห่งใหม่

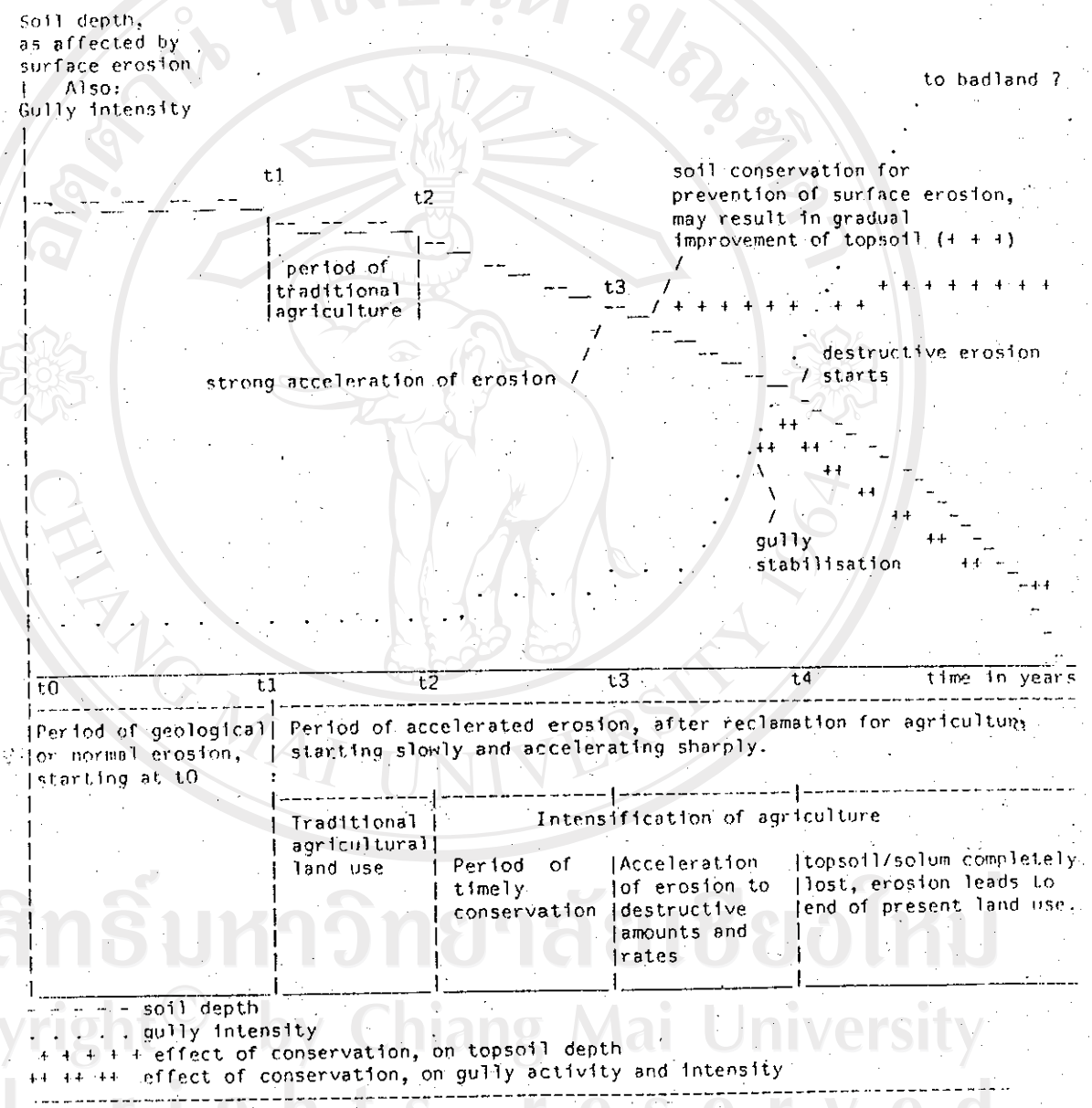
ปัญหาที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion problems)

Beasley (1974) ได้กล่าวถึงผลเสียและปัญหาที่เกิดจากการสูญเสียดินไว้ดังนี้

1. ผลเสียที่เกิดจากการสูญเสียดิน

1.1 สูญเสียศักยภาพในการผลิต การสูญเสียดินจากพื้นที่ทำการเกษตรจะทำให้ความสามารถในการให้ผลผลิตของดินลดลง Beasley กล่าวว่า ถ้ามีการสูญเสียดินลึก 2,4,6,8,10 และ 12 นิ้ว จะทำให้ผลผลิตของข้าวโพดลดลง 15,22,30,41,57,75

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 9 แสดงรูปแบบของการพัฒนาการการเกิดการชะล้างพังทลายของดินกับเวลาในการใช้ที่ดิน (Bergsma,1984)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

1.2 สูญเสียธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช ในสหรัฐ Beasley พบว่า มีการสูญเสียธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปรแตสเซียม ประมาณ 50 ล้านตันต่อปี หรือประมาณ 6.8 พันล้านดอลลาร์ต่อปี

1.3 คุณภาพของผลผลิตพืชลดต่ำลงจากข้อ 1.1 และ 1.2 จะมีผลทำให้คุณภาพของพืชที่ผลิตได้ลดต่ำลง

1.4 การซึมซาบน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำของดินลดลง เมื่อดินบนเกิดการสูญเสียดินล่างจะโผล่ขึ้นมาแทนที่ ซึ่งเป็นดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำและมีความสามารถในการซึมซาบน้ำต่ำ และมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำด้วย

1.5 การตกตะกอนทับถมบนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถูกชะล้างพังทลายจากบริเวณที่สูง อาจถูกพัดพามาตกตะกอนทับถมบนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงอยู่แล้วที่อยู่ด้านล่าง ทำให้ดินบนกลายเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ นอกจากนั้นอาจทำลายพืชพรรณที่ขึ้นในบริเวณนั้นด้วย

1.6 เกิดการทำลายและสูญเสียโครงสร้างของดิน เมื่อดินบนถูกชะล้างพังทลายไปหมด ดินล่างจะโผล่ขึ้นมาแทนที่ ซึ่งมีโครงสร้างของดินไม่ดี ยากต่อการจัดการและไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืชพรรณ

1.7 ต้องใช้แรงงานมากขึ้นในการไถเตรียมดิน เนื่องจากดินล่างไม่ดี

1.8 เกิดการสูญเสียดินสำหรับการปลูกพืช เนื่องจากการพังทลายแบบเป็นร่องกับการพังทลายของริมฝั่งแม่น้ำ การพังทลายแบบเป็นร่องและการพังทลายของริมฝั่งแม่น้ำทำให้สูญเสียดินและไม่สะดวกในการใช้เครื่องมือทุ่นแรง

1.9 ทำให้เกิดการแบ่งแยกที่ดินโดยร่องน้ำ การพังทลายของดินแบบเป็นร่อง จะเป็นตัวแบ่งแยกพื้นที่การเกษตรออกเป็นส่วนเล็ก ๆ ทำให้การจัดการยากและต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นยากแก่การแก้ไข

1.10 รายได้ของเกษตรกรจากการใช้ที่ดินลดลง เนื่องจากปัญหาดังกล่าวมาแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ผลเสียที่เกิดจากการตกตะกอนของดินที่ถูกชะล้างพังทลาย

2.1 ลดความจุของทางน้ำและอ่างเก็บน้ำ ผลจากการตกตะกอนของดินในทางน้ำและอ่างเก็บน้ำ ทำให้ความจุของทางน้ำและอ่างเก็บน้ำลดลง ทำให้เกิดน้ำท่วมได้ง่ายหรือมีปริมาณน้ำที่จะใช้ในฤดูแล้งลดลง

2.2 เสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาน้ำมากขึ้น การใช้น้ำเพื่อการประมงและในระบบชลประทานบางชนิด จำเป็นต้องใช้น้ำที่ค่อนข้างสะอาด ถ้าน้ำมีสารแขวนลอยมากทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทำให้น้ำสะอาด

2.3 ลดคุณค่าของที่ดินและทางน้ำในแง่ของการเป็นสถานที่ท่องเที่ยวและที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า เมื่อเกิดการสูญเสียดินลงไปในทางน้ำจะทำให้น้ำมีตะกอนขุ่น ที่อยู่อาศัยของปลาลดลงและสภาพความสวยงามของป่าไม้ก็จะลดลงด้วย

2.4 เพิ่มค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาทางน้ำเดินเรือและท่าเรือ การทับถมของตะกอนในทางน้ำและปากแม่น้ำ ทำให้ท้องน้ำตื้นเขินเป็นอุปสรรคต่อการเดินเรือและต้องเสียค่าขุดลอกมากมาย

2.5 ลดศักยภาพของพลังงานของน้ำ เมื่อมีตะกอนสะสมในอ่างเก็บน้ำมาก ทำให้ปริมาณน้ำที่จะใช้ในการสร้างพลังงานลดลงหรือพลังงานศักย์ของน้ำลดลง

2.6 ลดประสิทธิภาพและเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มในการบำรุงรักษาระบบชลประทานและระบบการระบายน้ำ จะเห็นว่าเมื่อมีการสะสมของตะกอนในคลองชลประทานหรือน้ำชลประทาน ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขุดลอกคลองหรือทำให้เครื่องมือชลประทานเสียหายบ่อย

2.7 ปัญหาการระบายน้ำและการลดลงของความสามารถในการผลิต ในระยะแรกของการทับถมถ้าเป็นดินดีที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง จะทำให้ความสามารถในการให้ผลผลิตของดินสูง แต่เมื่อเวลานานเข้าดินที่มาทับถมซึ่งเป็นดินที่ไม่อุดมสมบูรณ์ จะทำให้ความสามารถในการให้ผลผลิตของดินบริเวณนั้นลดลง

2.8 เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาถนนมากขึ้น การไหลบ่าของน้ำที่รวมกันมาก ๆ ทำให้เกิดการกัดเซาะเสียหายแก่ถนนหรือทางคมนาคมได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ผลเสียที่เกิดจากการสูญเสียน้ำ เนื่องจากการชะล้างพังทลายของดินจะทำให้ดินมีความสามารถในการดูดยึดน้ำลดลง และอ่างน้ำก็สามารถเก็บกักน้ำได้น้อยทำให้เกิดผลเสียคือ

3.1 ผลผลิตของพืชลดลงและประสบปัญหาความแห้งแล้งมากขึ้น เพราะดินไม่สามารถดูดยึดน้ำได้มากเท่าที่ควร น้ำที่จะถูกเก็บไว้ในดินให้พืชใช้ขณะไม่มีฝนมีน้อย พืชจึงพบกับความเสียหายเนื่องจากขาดน้ำบ่อยครั้ง

3.2 เพิ่มความเสียที่เกิดจากน้ำท่วมมากขึ้น การที่ดินเก็บกักน้ำและให้น้ำซึมลงไปได้น้อย ทำให้เกิดปริมาณน้ำไหลบ่ามาก ทำให้เกิดน้ำท่วมได้บ่อย ๆ

4. ปัญหามลพิษ (pollution) การชะล้างพังทลายของดินที่มีปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลง ฯลฯ ผสมไปด้วยย่อมทำให้แม่น้ำ ลำคลองเกิดมลพิษจากสารเคมีเหล่านั้นขึ้นมาได้

5. ปัญหาด้านสาธารณสุข ผลจากการที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ลดลง ทำให้ผลผลิตของพืชและรายได้ของเกษตรกรลดต่ำลง ฐานะความเป็นอยู่ของเกษตรกรก็จะตกต่ำตามลงไปด้วย

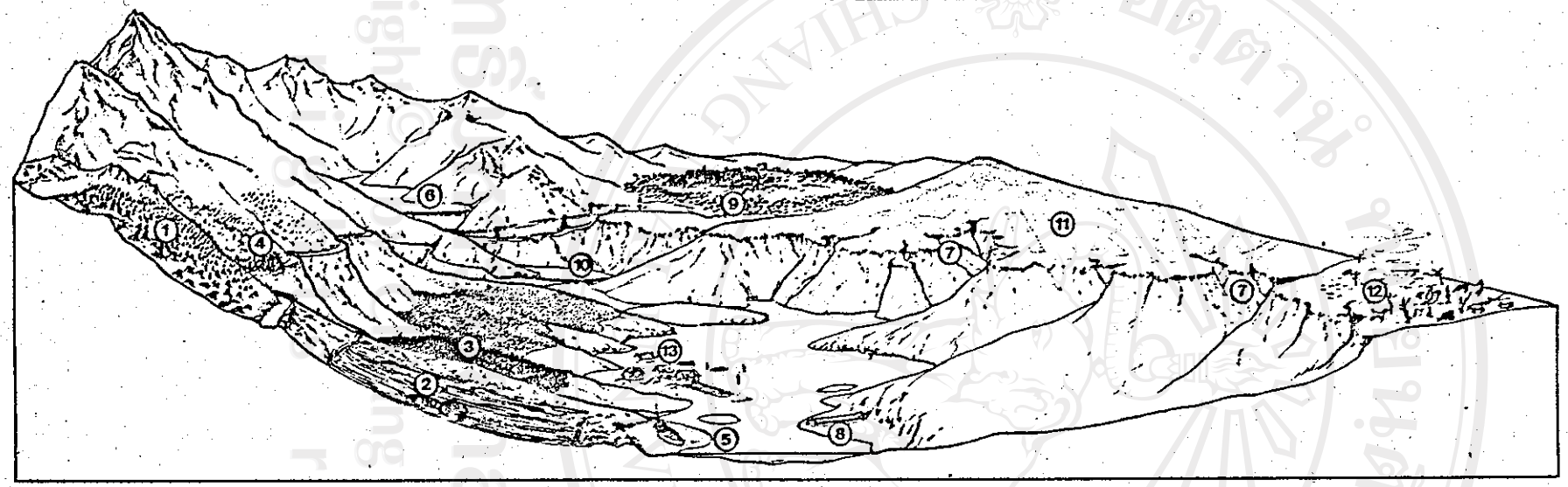
<u>การชะล้างพังทลายของดินเพิ่มขึ้น ความสามารถในการให้ผลผลิตลดลง (erosion - progress and productivity decline)</u>

Bergsma (1984) ได้เสนอรูปแบบของความสามารถในการให้ผลผลิตที่ลดลงโดยสัมพันธ์กับระยะเวลาการใช้ที่ดิน (รูปที่ 11) จากแผนภาพจะเห็นว่าดินต่างชนิดกันความสามารถในการผลิตจะแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นกับสมบัติของดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งดินที่มีความแตกต่างของชั้นดินบนและดินล่างมาก ๆ

สำหรับผลผลิตของพืชที่ลดลงนั้น Lal (1981) ได้แสดงให้เห็นถึงการลดลงของผลผลิตถั่วพุ่ม (cowpea) และข้าวโพด (maize) ที่สัมพันธ์กับการสูญเสียดิน (ตารางที่ 10)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลเสียหายต่อเนื่องจากการชะล้างพังทลายของดิน

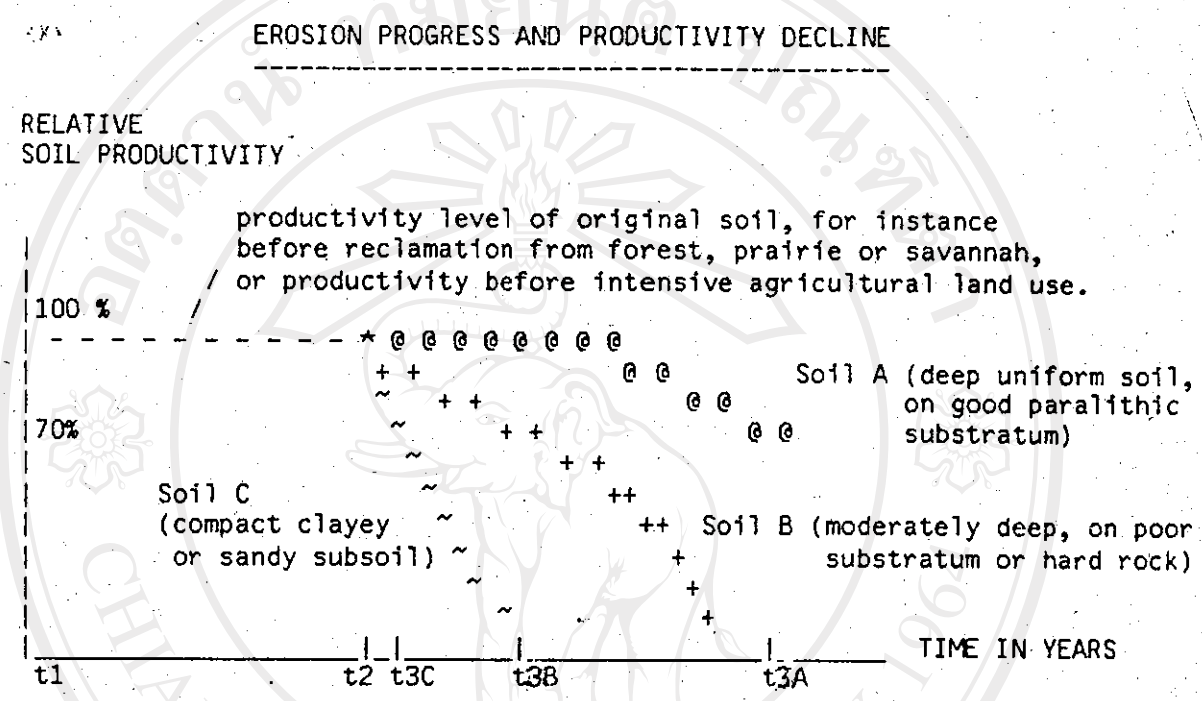


ที่มา : FAO (1984) อ้างโดย อรรถและคณะ 2527-2528)

1. มีการบุกรุกตัดไม้ทำลายป่าในที่สูงโดยปราศจากการอนุรักษ์ดิน
2. มีการไถพรวนขึ้นลงตามแนวความลาดเทในที่ดอน
3. มีการปลูกพืชชนิดเดียวซ้ำซากเป็นบริเวณกว้าง ๆ
4. พื้นที่ในที่สูงที่ถูกบุกรุกทำลายป่าต่อมาเกิดดินถล่มปิดถนน
5. ตะกอนจากการชะล้างพังทลายของดินในไร่นาถูกพัดพาลงสู่ลำน้ำต่าง ๆ ทำให้สัตว์น้ำต่าง ๆ ลดจำนวนลง เพราะตะกอนทำให้ระบบนิเวศน์วิทยาของสัตว์น้ำเสียหาย
6. ตะกอนดินตกทับถมในเขื่อน ลดความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้า
7. เกิดการชะล้างพังทลายของดินแบบร่องลึกเพิ่มขึ้นในพื้นที่เกษตรกรรม
8. ตะกอนตกทับถมในลำน้ำต่าง ๆ เกิดตื้นเขิน ไม่สามารถใช้เป็นทางคมนาคมได้
9. เกิดการอพยพย้ายถิ่นฐานของคนชนบทเข้าสู่เมืองเพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาชุมชนแออัดในเขตเมือง
10. สะพานชำรุดเสียหายจากน้ำท่วม
11. พื้นที่ที่เหมาะสมต่อเกษตรกรรมลดลง
12. เกิดการชะล้างพังทลายของดินโดยลม ในพื้นที่ที่จัดการทุ่งหญ้าไม่ถูกต้อง
13. เกิดปัญหาน้ำท่วมในหมู่บ้าน

รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างบริเวณต่าง ๆ ที่ได้รับความเสียหายจากการชะล้างพังทลายของดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 11 แสดงการลดลงของความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน กับขบวนการเกิดการชะล้างพังทลายของดินและเวลาในการใช้ที่ดิน (Bergsma, 1984)

หมายเหตุ

t_1 = เวลาเมื่อเริ่มมีการเกษตรเป็นความสามารถในการให้ผลผลิตของดินดั้งเดิม

t_2 = การทำการเกษตรมีความหนาแน่นมากขึ้น

t_3 = ความสามารถในการให้ผลผลิตของดินเริ่มลด

t_{3A} = เวลาในการลดของดิน A ซึ่งเป็นดินที่มีชั้นดินลึกมาก

t_{3B} = เวลาในการลดของดิน B ซึ่งเป็นดินที่มีชั้นดินลึกปานกลาง

t_{3C} = เวลาในการลดของดิน C ซึ่งเป็นดินที่มีชั้นดินตื้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ของการสูญเสียดินกับผลผลิตของข้าวโพดและถั่วพุ่ม

พืชที่ปลูก	% ความลาดเท	สมการ	สัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์
ถั่วพุ่ม(cowpeas)			
	1	$Y = 0.43 \exp(-0.036X)$	-0.85^{*}
	5	$Y = 0.64 \exp(-0.006X)$	-0.97^{**}
	10	$Y = 0.49 \exp(-0.004X)$	-0.91^{*}
	15	$Y = 0.29 \exp(-0.002X)$	-0.66
ข้าวโพด (maize)			
	1	$Y = 6.41 \exp(-0.017X)$	-0.99^{**}
	5	$Y = 6.70 \exp(-0.003X)$	-0.99^{**}
	10	$Y = 6.70 \exp(-0.003X)$	-0.89^{**}
	15	$Y = 8.36 \exp(-0.004X)$	-0.86^{*}

ที่มา : Lal (1981)

หมายเหตุ Y = ผลผลิต(ตัน/เฮกตาร์)

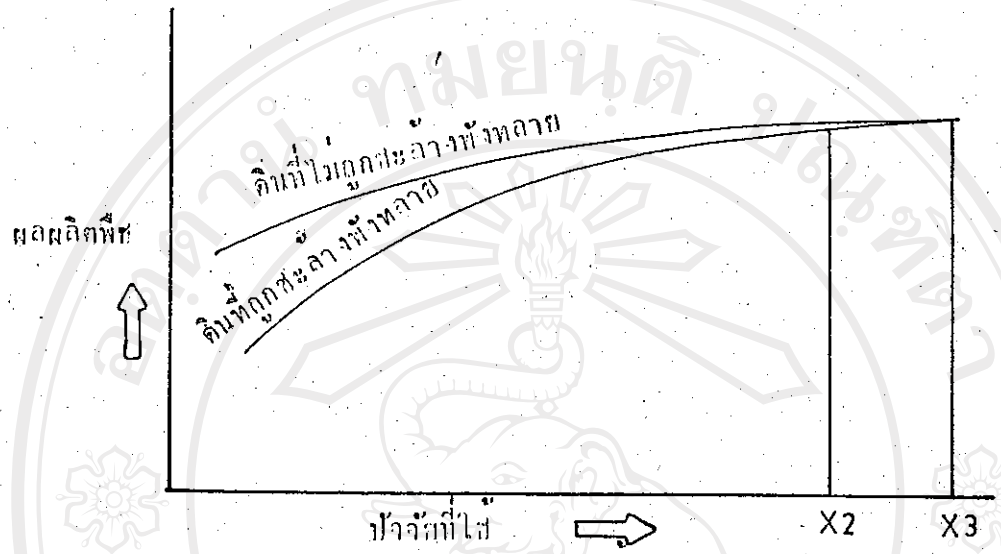
X = ปริมาณการสูญเสียดินสะสม(ตัน/เฮกตาร์)

** = มีนัยสำคัญที่ 95 %

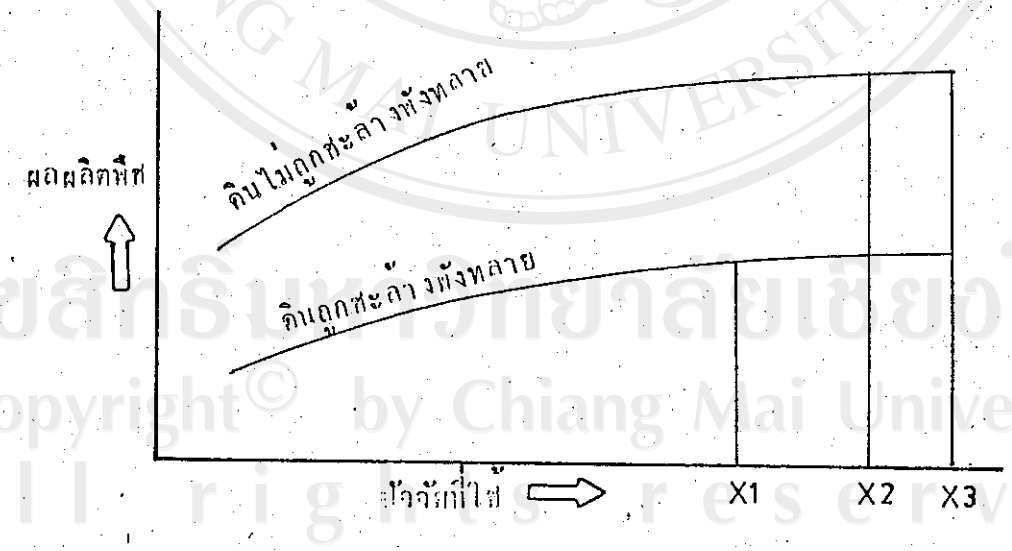
* = มีนัยสำคัญที่ 90 %

จากตารางแสดงความสัมพันธ์จะเห็นว่า ถ้าการสูญเสียดิน (X) มากขึ้นผลผลิตพืช (y) จะลดลง นอกจากนี้ Moldenhouer (1980) ได้เสนอผลงานของ Shrader และคณะ (1963) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินที่มีต่อผลผลิตของพืชในสภาพของดินสองประเภทคือ ดินที่ไม่สามารถกลับคืนสภาพเดิมได้และชนิดที่สามารถกลับสู่สภาพเดิมได้ ถ้าถูกชะล้างพังทลายจะมีผลต่อผลผลิตของพืช ดังแสดงในรูปที่ 12 และ 13

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ของผลผลิตพืชและการใช้ปัจจัยเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงเท่าเดิมของดินที่สามารถกลับคืนสภาพเดิมได้(Shrader และคณะ, 1963)



รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ของผลผลิตพืชและการใช้ปัจจัยการผลิตของดินที่ไม่สามารถกลับสภาพเดิมได้ (Shrader และคณะ, 1963)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย

จากการศึกษาสภาพการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย ของกรมพัฒนาที่ดิน (2524) ได้จำแนกความรุนแรงของการชะล้างพังทลายออกเป็น 5 กลุ่ม (ตารางที่ 11) ได้แก่ น้อยมาก น้อย ปานกลาง รุนแรง รุนแรงมาก ว่าอยู่ในสภาพการใช้ที่ดินอะไรบ้าง นอกจากนั้นได้จำแนกออกเป็นรายภาค ซึ่งมีระดับปานกลางถึงรุนแรงมาก (ตารางที่ 12)ดังนี้

ภาคเหนือ ทางด้านตะวันตกและตะวันออกของภาค มีการชะล้างพังทลายของดินรุนแรงมาก เนื่องจากมีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ในบริเวณภูเขาที่ลาดชัน เพื่อปลูกพืชไร่และข้าวไร่ สภาพความรุนแรงจะลดลงตามสภาพการลดลงของความลาดชัน และตามสภาพป่าที่อุดมสมบูรณ์กับสภาพการใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรแบบถาวร

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทางตอนบนตะวันออกและทางตอนใต้ของภาค มีการชะล้างพังทลายของดินในระดับรุนแรงมากด้วยสาเหตุเช่นเดียวกับภาคเหนือ ส่วนบริเวณตอนกลางของภาค การชะล้างพังทลายส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง และในสภาพการใช้ที่ดินเพื่อทำนาข้าว การชะล้างพังทลายจะต่ำ

ภาคกลาง ในตอนกลางของภาค บริเวณที่ลาดเชิงเขาและบริเวณภูเขา การชะล้างพังทลายของดินจะรุนแรงมาก ส่วนทางด้านตอนใต้ของภาคการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ทั้งนี้เพราะสภาพการใช้ที่ดินเป็นการทำสวนยาง สวนผลไม้ และป่าดิบชื้น

ภาคตะวันตก บริเวณพื้นที่ภูเขาของลุ่มแม่น้ำแม่กลอง ตอนบนจากแควใหญ่และแควน้อย มีระดับการชะล้างพังทลายของดินรุนแรงมาก ส่วนบริเวณที่ลาดตามเชิงเขา ซึ่งถูกบุกรุกทำไร่อ้อยจะอยู่ในระดับรุนแรง

ภาคใต้ สภาพการชะล้างพังทลายของดินในระดับที่รุนแรงมากจะปรากฏในจังหวัดเพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ ส่วนทางตอนล่างของภาคการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ๓ จำแนกความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินและพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของประเทศไทย

กลุ่ม	ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)	เนื้อที่ (ไร่)	สภาพการใช้ที่ดิน
น้อยมาก	0.01-1.00	188,721,990	ป่าไม้,สวนยาง,ไม้ผล,นาข้าว
น้อย	1.01-5.00	90,276,175	ป่าไม้,สวนยาง,ไม้ผล,นาข้าว
ปานกลาง	5.01-20.00	25,912,308	สวนยาง,ไม้ผล,พืชไร่,ป่า/พืชไร่
รุนแรง	20.01-100.00	42,620,676	พืชไร่,สวนยาง,ป่าไร่เลื่อนลอย, สวนไม้ผล
รุนแรงมาก	100.01-966.65	39,157,090	พืชไร่,ป่า,ไร่เลื่อนลอย
อื่น ๆ	-	4,560,761	นากุ้ง,อ่างเก็บน้ำ,หาดทราย, ป่าชายเลน
รวม	-	321,250,000	

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2524)

ตาราง 12 แสดงพื้นที่การชะล้างพังทลายของดินในระดับปานกลาง รุนแรง และรุนแรงมาก แยกตามรายภาคของประเทศไทย

ภาค	ระดับปานกลาง	ระดับรุนแรง	ระดับรุนแรงมาก	รวม
เหนือ	5,151,258	17,983,963	6,141,156	29,276,377
ตะวันออกเฉียงเหนือ	7,342,277	12,731,051	22,875,301	42,948,629
กลาง	348,820	2,595,060	881,523	3,825,403
ตะวันออก	2,181,751	2,706,506	6,618,647	11,506,904
ตะวันตก	527,455	7,222,066	1,097,970	8,847,491
ใต้	11,054,491	478,244	379,185	11,911,920
รวม	25,912,308	42,620,676	39,157,761	107,690,745

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2524)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาการประเมินค่าการชะล้างพังทลายของดิน (study of water erosion assessment)

การศึกษาการประเมินค่าการชะล้างพังทลายของดิน ได้เริ่มมาจากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของระดับผิวหน้าดินอย่างง่าย ๆ ต่อมาได้มีการนำการทดลองทางวิทยาศาสตร์เข้าไปใช้ และจนกระทั่งถึงการใช้สมการในการประเมินค่า ซึ่งเป็นวิธีที่กำลังได้รับการนิยมมากในปัจจุบัน (มนู 2526) การศึกษาการประเมินค่าการชะล้างพังทลายของดินพอจะแยกกล่าวได้ ดังนี้

1) การประเมินค่าจากแปลงทดลอง (runoff plot) ในช่วงปี 1877-1895 Wollny นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน เป็นคนแรกที่ได้สร้างแปลงทดลองขนาดเล็ก ๆ ขึ้นเพื่อทำการศึกษาความมากน้อยของการพัดพาหน้าดินในสหรัฐอเมริกา (มนู 2526) ส่วนแนวทางในการศึกษาในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเพื่อประเมินค่าการสูญเสียดินนั้น จำเป็นจะต้องเลือกพื้นที่ตัวแทน ซึ่ง Toebes และ Ouryvaew (1970 ; อ้างโดย มนู 2526) ได้เสนอแนะวิธีการเลือกจุดตรวจสอบว่าพื้นที่นั้นต้องมีสภาพเป็นตัวแทน ทั้งสภาพความลาดชัน ลักษณะดินและลักษณะของพืชพรรณกับการใช้ที่ดิน ส่วนในพื้นที่ขนาดใหญ่จำเป็นจะต้องมีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ (strata) เพื่อการประเมินค่าในพื้นที่ขนาดใหญ่ จะให้ความถูกต้องมากมากยิ่งขึ้น การประเมินค่าการชะล้างพังทลายของดินโดยวิธีนี้ ถือเป็นวิธีการเริ่มแรกที่นักนำไปสู่การสร้างสมการเพื่อการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน โดยอาศัยหลักทางสถิติเข้ามาช่วย เช่น Wischmeier และ Smith (1965) และนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่น ๆ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปในส่วนของการประเมินค่าด้วยสมการ

2) การประเมินจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม (environment evidence) การพังทลายของดินโดยธรรมชาติ มักจะมีการสูญเสียไปแบบได้สมดุลย์กับการเกิดของดิน แต่เมื่อมนุษย์ได้เข้าไปเปลี่ยนแปลงธรรมชาติเพื่อการเกษตรกรรมหรือกิจกรรมอื่น ๆ จะทำให้การพังทลายของดินรุนแรงขึ้น ลักษณะความรุนแรงเช่นนี้เราสามารถสังเกตหรือประเมินเบื้องต้นได้ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. สภาพของหินที่โผล่ขึ้นมา เนื่องจากดินบนถูกชะล้างพังทลายออกไปจนหมด การโผล่ของหินมากหรือน้อย ย่อมเป็นหลักฐานบอกถึงความรุนแรงของการชะล้างพังทลายได้

2. สภาพของรากไม้ขนาดใหญ่ที่โผล่ขึ้นมาเหนือผิวดิน ซึ่งเกิดจากดินรอบๆ โคนต้นไม้ถูกพัดพาไปจนหมด การโผล่ของรากไม้มากหรือน้อยจะขึ้นกับความรุนแรงของการชะล้างพังทลาย (รูปที่ 14)

3. สภาพของการชะล้างพังทลายแบบร่องกว้างและลึก (gully) ซึ่งสามารถใช้เป็นดรรชนีบ่งบอกความรุนแรงของการชะล้างพังทลายได้ โดยดูจากจำนวนและความถี่ห่างของร่องต่อหน่วยพื้นที่ ขนาดและลักษณะของร่องเป็นตัวประกอบ (รูปที่ 14)

4. สภาพของตะกอนในพื้นที่ตอนล่าง ซึ่งมักอาศัยปริมาณของตะกอนเป็นตัวบ่งบอกความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของพื้นที่ตอนบนได้ (Dunne, 1977)

3) การประเมินจากสมการประเมินการสูญเสียดิน (soil loss equation) การศึกษาเพื่อค้นคว้าหาสมการที่จะนำมาใช้เพื่อการประเมินการชะล้างพังทลายของดินนั้น จากการค้นคว้าพบว่า Baver (1933) เป็นผู้ริเริ่มในการที่นำเอาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินมาแสดงให้เห็นความสัมพันธ์กันในรูปสมการ คือ

$$E = f(RGVS)$$

โดย E = การชะล้างพังทลายของดิน

R = ปริมาณและความหนักเบาของฝน

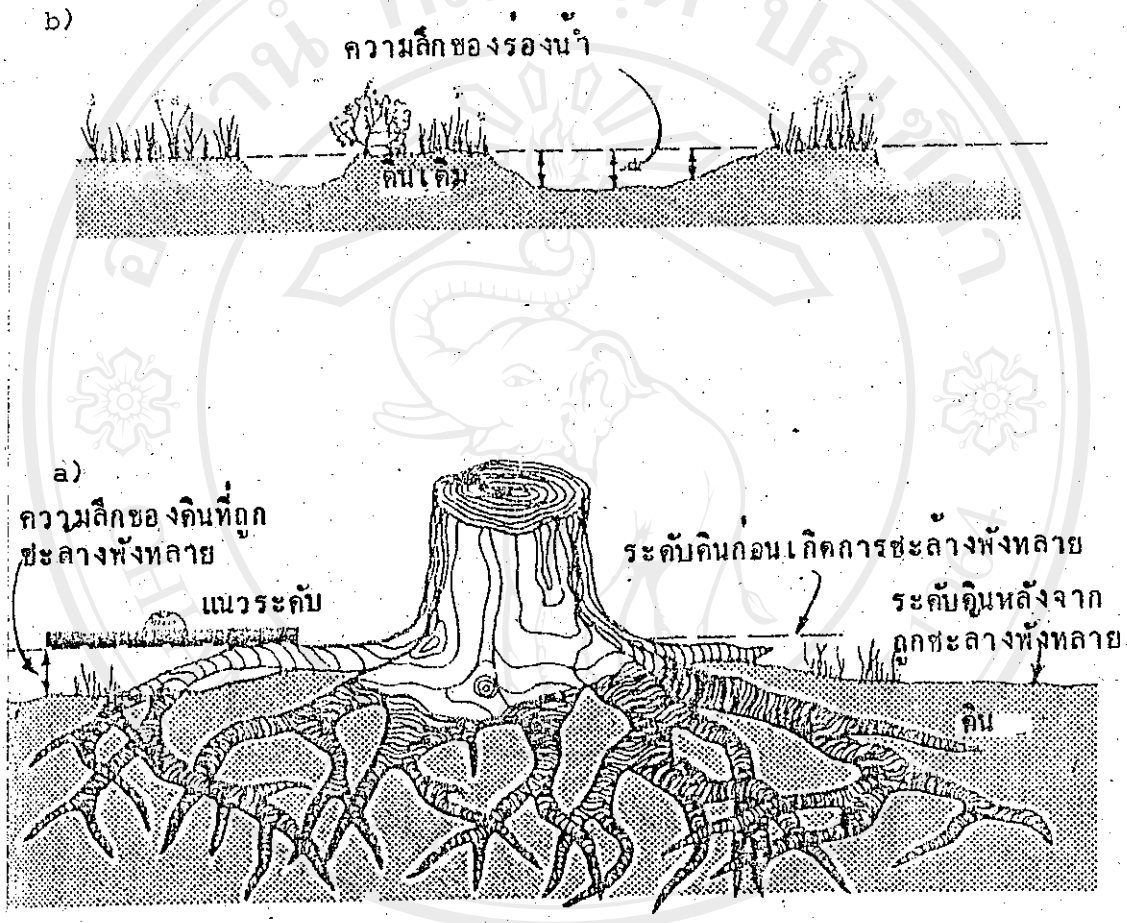
G = ความลาดเทของพื้นที่

V = ปริมาณและชนิดของพืชพรรณที่คลุมดิน

S = ลักษณะทางกายภาพของดิน

(Baver, 1933 ; อ้างโดย สมเจตน์, 2522)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 14 การวัดการชะล้างพังทลายของหน้าดินโดย (a) วัดจากรอบ ๆ รากพืชที่โผล่จากดิน และ (b) วัดจำนวนและความลึกของร่องน้ำต่อหน่วยพื้นที่ ขนาดและลักษณะของร่องน้ำ (Dunne, 1977)

ต่อมาได้มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน ได้พยายามพัฒนาสมการจากการทดลอง (empirical equation) มากขึ้น โดยนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ได้พยายามแสดงความสัมพันธ์ของการสูญเสียดินกับความชันและความยาวของความลาดเทของพื้นที่คือ Zingg ในปี ค.ศ. 1940 (Mitchell and Bubenzer, 1980) โดยอาศัยข้อมูลจากแปลงทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และอาศัยการสร้างฝนเทียมขึ้นเอง (simulated rainfall) ซึ่งรูปแบบของสมการแสดงไว้ดังนี้

$$A = CS^{m} L^{n-1}$$

โดยที่ A = ปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่

C = ค่าคงที่

S = เปอร์เซนต์ความลาดเท

L = ความยาวของความลาดตามแนวนอน (ฟุต)

m , n เป็นเลขยกกำลังของ L,S จากการทดลอง จากการศึกษาของ Zingg ได้ค่า m = 1.4 และ n = 1.6

หลังจากนั้นสมการของ Zingg ได้รับการปรับปรุงโดย (Smith, 1941 ; อ้างโดย ไพฑูรย์, 2524) โดยการเพิ่มตัวแปรเข้าไปในสมการของ Zingg คือปัจจัยเกี่ยวกับพืช การจัดการดินซึ่ง Browning และคณะ (1947 อ้างโดย ; Manas,1978) ได้นำความคิดของ Smith มาปรับปรุงต่อและได้เสนอสมการออกมา ดังนี้

$$A = P.T.R.E.F.L.^{0.6} .S^{1.4}$$

โดยที่ A = ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/เอเคอร์/ปี)

P = วิธีปฏิบัติด้านการอนุรักษ์

T = ความยากง่ายในการชะล้างพังทลายของดิน

R = ระบบการปลูกพืชหมุนเวียน

E = ปริมาณการพังทลายของดินที่เกิดขึ้นในอดีต

F = ปัจจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน

L = ความยาวของความลาดเท (ฟุต)

S = เปอร์เซนต์ความลาดเท (%)

ต่อมา Musgrave (1947) ได้นำลักษณะฝนและปริมาณการสูญเสียดินมาพิจารณาสร้างสมการเพื่อการประเมินชะล้างพังทลายของดิน ซึ่ง Musgrave ได้เสนอ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมการไว้ ดังนี้

$$E = (0.00527)\ IRS^{1.35}\ L^{0.35}\ P_{30}^{1.75}$$

โดยที่ E = ปริมาณการสูญเสียดิน (มม./ปี)

I = ความยากง่ายในการเกิดการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ที่มีความลาดชัน 10 เปอร์เซนต์ ยาว 22 เมตร (มม./ปี)

R = ปัจจัยของพืชพรรณ

S = เปอร์เซนต์ของความลาดเท (%)

L = ความยาวของความลาดเท (เมตร)

P_{30} = ปริมาณน้ำฝนสูงสุดในช่วง 30 นาที ของปีนั้น ๆ (มม.)

สมการของ Musgrave นี้ สามารถใช้ประมาณการสูญเสียดินในบริเวณพื้นที่ลุ่มแม่น้ำได้อย่างคร่าว ๆ เท่านั้น ต่อมา Lloyd และ Eley (1952 ; อ้างโดย Mitchell และ Bubenzer, 1980) ได้นำสมการของ Musgrave ไปสร้างเป็นแผนภาพสำเร็จรูปขึ้น (graphical solution) เพื่อใช้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐฯ

จากสมการของ Zingg ที่พัฒนาขึ้นมาในปี 1940 นั้น ไม่สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ที่ความลาดชันสูงเกิน 4 เปอร์เซนต์ได้ ดังนั้น Smith และ Whitt (1947) จึงได้อาศัยรูปแบบสมการของ Zingg ที่สร้างขึ้นในปี 1940 มาสร้างสมการขึ้นใหม่ คือ

$$A = a + b.s^{n}$$

โดยที่ A = ปริมาณการพังทลายต่อพื้นที่ (ตัน/เอเคอร์)

a,b,n = ค่าคงที่

s = เปอร์เซนต์ความลาดเท

Smith และ Whitt ใช้สมการนี้เป็นตัวอธิบายอิทธิพลของความชันของความลาดเท และในขณะเดียวกันเขาทั้งสองก็ได้เสนอสมการ เพื่อการประเมินการชะล้างพังทลายของดินที่มีชั้นดินดานแข็งของดินเหนียว (clay pan) ในรัฐ Missouri ขึ้นมาใหม่ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

A = CSLKP

โดยที่ A = ปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยต่อปี

C = ปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยต่อปีจากแปลง

S,L,K,P = เป็นค่าที่ใช้ปรับปริมาณการสูญเสียดินจากแปลง สำหรับความชันและความยาวของความลาดเท ลักษณะของดินและมาตรการอนุรักษ์ดิน

รูปแบบสมการของ Smith และ Whitt นี้ มีส่วนคล้ายกับสมการการสูญเสียดินสากลมาก อย่างไรก็ตามสมการของ Smith และ Whitt ไม่ค่อยสมบูรณ์เพราะไม่มีปัจจัยของน้ำฝนเข้าไปเกี่ยวข้องด้วยเลย ดังนั้น Van Doren และ Bartelli (1956 ; อ้างโดย Mitchell และ Bubenzer , 1980) ได้พยายามเสนอสมการความสัมพันธ์ที่มีปัจจัยของฝนเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ดังนี้

A = f (T,S,L,P,K,I,E,R,M)

โดยที่ A = ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/เอเคอร์/ปี)

T = การสูญเสียดินจากแปลงที่มีการวัดการสูญเสียดิน (ตัน/เอเคอร์/ปี)

S = เปอร์เซนต์ความลาดเท

P = วิธีปฏิบัติเพื่อการอนุรักษ์ดิน

K = ความยากง่ายในการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน

I = ความรุนแรงและความถี่ของฝนในช่วง 30 นาที

E = การพังทลายของดินที่เกิดขึ้นก่อนนั้น

R = การปลูกพืชหมุนเวียน

M = การจัดการ

L = ความยาวของความลาดเท

หลังจากนั้นเป็นต้นมา การศึกษาค้นคว้าเพื่อการสร้างสมการ เพื่อใช้ประเมินการสูญเสียดินได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง เช่นสมการที่ปรับปรุงโดยคณะกรรมการของ Soil Conservation Society โดยปรับปรุงจากสมการของ Hudson (1981) โดยมีรูปแบบ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

E = TSLPMR

โดยที่ E = ปริมาณการสูญเสียดิน

T = ความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน

S = เปอร์เซ็นต์ความลาดเท

L = ความยาวของความลาดเท

P = การจัดการด้านการเกษตร

M = การป้องกันการพังทลายของดินโดยวิธีกล

R = ปัจจัยเกี่ยวกับน้ำฝน

หมายเหตุ : หน่วยของตัวแปรกำหนดตามการคำนวณค่า R (ดูภาคผนวกที่ 4)

สมการนี้ Mitchell และ Bubenzer (1980) ได้กล่าวว่า เป็นสมการที่สอดคล้องกับแนวความคิดของ Smith และ Wischmeier (1957), Wischmeier และ Smith (1958) และ Wischmeier กับคณะ (1958) อาจถือได้ว่าคล้ายกับสมการการสูญเสียดินสากลในด้านของแนวความคิด (Concept) มากที่สุด ต่อมา Wischmeier และ Smith (1965) ได้เสนอสมการการสูญเสียดินสากล (The universal soil loss - equation) ขึ้นมาครั้งแรกและได้มีการปรับปรุงเรื่อยมาจนถึงปี ค.ศ.1978 ซึ่งรูปแบบของสมการมีดังนี้

A = RKLSCP

โดยที่ A = ปริมาณการสูญเสียดิน

R = ค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน

K = ค่าความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน

L = ค่าแสดงอิทธิพลของความยาวของความลาดเท

S = แสดงอิทธิพลของความชัน

C = แสดงอิทธิพลของการปลูกและการจัดการพืช

P = แสดงอิทธิพลของการอนุรักษ์ดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หมายเหตุ : หน่วยของตัวแปรต่าง ๆ กำหนดตามวิธีการประเมินค่า R (ดูตารางภาคผนวกที่ 4)

สมการการสูญเสียดินสากลนี้เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง มีการทดสอบและพัฒนาสมการอยู่ตลอดเวลา รายงานการปรับปรุงสมการการสูญเสียดินสากลโดย (Wischmeier และ Smith (1978) รายละเอียดบางส่วนได้ถูกนำมาเสนอในเล่มนี้ เนื่องจากเป็นสมการที่ ได้นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการสูญเสียดิน และประเมินค่าปัจจัยที่เป็นตัวแปรในสมการ

ถึงแม้สมการการสูญเสียดิน จะเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง แต่ก็มีผู้พยายามดัดแปลงและพัฒนาเพื่อประโยชน์ในการใช้งานให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับงานนั้น ๆ หรือมีการพัฒนาสมการใหม่ ๆ ขึ้นมาเช่น Elwell (1977 ; อ้างโดย Mitchell และ Bubenzer,(1980) ได้สร้างสมการเพื่อการประเมินการสูญเสียดินของอเมริกาใต้ ดังนี้

$$Z = KCX$$

โดยที่ Z = ค่าทำนายการสูญเสียดิน (หน่วยขึ้นกับหน่วยของค่า K)

K = ค่าเฉลี่ยการสูญเสียดินจากแปลงมาตรฐานขนาด 30/10 เมตร ความชันของแปลง 4.5 เปอร์เซนต์ สำหรับดินที่ทราบค่าความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน

C = อัตราส่วนของการสูญเสียดินจากแปลงที่ปลูกพืชกับแปลงมาตรฐาน

X = อัตราส่วนของการสูญเสียดินจากแปลงที่มีความยาวและความชันของความลาดเท L และ S ตามลำดับกับแปลงมาตรฐาน

ส่วน William และ Renard (1985) ได้นำเอาสมการการสูญเสียดินสากลที่ได้รับการดัดแปลงโดย Onstad และ Foster (1985) มาใช้ในการประเมินปริมาณของตะกอนเพื่อใช้เป็นปัจจัยร่วมตัวหนึ่งในแบบจำลอง(model) ของ"erosion productivity impact calculator" รูปแบบของสมการประเมินตะกอนมีดังนี้

$$Y = [0.646EI+0.45(Q)(q_p)^{0.333}](K)(CE)(PE)(LS)(Q>0)$$

โดยที่ Y = ปริมาณตะกอน (ตัน/ปี)

EI = ปัจจัยพลังงานน้ำฝน (หน่วยเมตริก)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Q = ปริมาณของน้ำไหลบ่า (มม.)

q_p = อัตราสูงสุดของน้ำไหลบ่า (มม./ชม.)

K = ความยากง่ายของการถูกชะล้างพังทลายของดิน

CE = ปัจจัยการจัดการพืช

PE = ปัจจัยการอนุรักษ์ดิน

LS = ปัจจัยความยาวและความชันของความลาดเท

Q>0 = ต้องมีปริมาณน้ำไหลบ่ามากกว่า 0

สมการการสูญเสียดินสากล (The universal soil loss equation)

สมการการสูญเสียดินสากล นับว่าเป็นสมการที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางโดยนักอนุรักษ์ศาสตร์และนักปฐพีศาสตร์ ซึ่งรูปแบบและวิธีการนำไปใช้ของสมการการสูญเสียดินสากลที่ได้รับการปรับปรุงครั้งสุดท้ายในปี 1978 (Wischmeier และ Smith, 1978) รูปแบบของสมการมีดังนี้

A = RKLSCP

โดยที่ A = ค่าปริมาณการสูญเสียดินที่คำนวณได้ต่อพื้นที่มีหน่วยผันแปรไปตามการประเมินค่า (ตัน/เฮกตาร์/ปี)

R = ค่าปัจจัยเกี่ยวกับน้ำฝนและน้ำไหลบ่า เป็นค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน

K = ปัจจัยความยากง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน เป็นค่าอัตราการสูญเสียดินต่อหนึ่งหน่วยของค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินโดยฝน โดยวัดจากแปลงทดลองมาตรฐาน ที่มีขนาดความยาวของความลาดเท 72.6 ฟุต และความลาดชันสม่ำเสมอ 9 เปอร์เซนต์ มีการไถและปล่อยให้ว่างเปล่า

L = ค่าแสดงอิทธิพลของความยาวของความลาดเท เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากแปลงที่มีความยาวของความลาดเทใด ๆ กับแปลงที่มีความยาวของความลาดเท 72.6 ฟุต โดยมีสภาพอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหมือนกัน

S = ค่าแสดงอิทธิพลของความลาดเทเป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดิน จากแปลงที่มีความชันของความลาดเทใด ๆ กับแปลงที่มีความชันของความลาดเท 9 เปอร์เซนต์ โดยสภาพอื่น ๆ เหมือนกัน

C = ค่าแสดงอิทธิพลของการปลูกและการจัดการพืช เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากแปลงที่มีการปลูกพืช และการจัดการชนิดใดชนิดหนึ่งกับแปลงที่มีการไถแล้วปล่อยทิ้งไว้ว่างเปล่า

P = ค่าแสดงอิทธิพลของวิธีการอนุรักษ์ดิน เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากแปลงที่มีการอนุรักษ์ดินชนิดใด ๆ กับแปลงที่ทำการเกษตรแบบเกษตรกรนิยม ซึ่งมีการไถพรวนขึ้น-ลงตามความลาดเท

หมายเหตุ : หน่วยของ A, K กำหนดตามวิธีการประเมินค่า ^{R} (ดูภาคผนวกที่ 4)

1. ดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน

(The rainfall erosivity index; R-Index)

ดรรชนีการชะล้างพังทลายที่เกิดจากฝนนั้น Wischmeier (1959) เป็นผู้คิดค้นขึ้นโดยเขาได้ให้ชื่อว่า EI โดยที่ค่าของ EI สามารถคำนวนได้มาจากการเอาค่าพลังงานของพายุฝนทั้งหมด (E_g) คูณกับค่าความหนักเบาของฝนสูงสุดในช่วง 30 นาที (I_{30}) ของฝนครั้งนั้น ๆ ค่า EI_{30} นั้นเป็นอักษรย่อที่ Wischmeier ย่อมาจาก "energy-times-intensity" (Wischmeier and Smith,1978) แต่ค่าของ E โดยทั่วไปจะมีค่าสูงมากตั้งแต่ 100 ถึงมากกว่า 10,000 ดังนั้นการคำนวยค่า E ของแต่ละพายุฝนจึงหารด้วย 100 เสมอ เพื่อความสดวกในการนำไปใช้และยังพบอีกว่า ค่า EI มีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณการสูญเสียดินสูงมาก (r^2 = 0.84-0.98)

เนื่องจากค่า EI หรือ EI_{30}(Bergsma, 1981) ต้องคำนวณจากพายุแต่ละครั้ง การกำหนดขอบเขตของพายุหนึ่ง ๆ นั้น Wischmeier (1978) ได้กำหนดไว้ว่าพายุฝนนั้น ๆ จะต้องตกห่างจากพายุฝนอันอื่นอย่างน้อย 6 ชั่วโมง (ปริมาณฝนน้อยกว่า 0.05 นิ้ว หรือ 1.25 มม.) และการคำนวณพลังงานของฝนนั้น จะคำนวณเฉพาะฝนที่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณมากกว่า 0.5 นิ้วหรือ 12.5 มม. แต่พายุฝนบางครั้งที่มีความหนักเบาเกิน 2.5 เซนติเมตร/ชั่วโมง ในช่วง 15 นาทีก็ให้นำเข้าไปคำนวณค่าพลังงานเพื่อหาค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนด้วย

การวัดค่าพลังงานของฝน (E) เพื่อหาค่า EI_{30} นั้น การวัดโดยตรงทำได้ยากมากดังนั้น Wischmeier, Smith และ Uhland จึงคิดหาวิธีการวัดค่าพลังงานโดยการประเมินจากลักษณะต่าง ๆ ของฝน ซึ่งพบว่าค่าความหนักเบาของฝนนั้นมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับพลังงานของฝนและปริมาณการสูญเสียดิน (Wischmeier และ Smith, 1958) การวัดความหนักเบาของฝนนั้นสามารถคำนวณได้จากกระดาษกราฟบันทึกน้ำฝนโดยอัตโนมัติ ซึ่ง Smith และ Wischmeier(1958) ได้เสนอสมการเพื่อการคำนวณหาพลังงานของฝนจากความหนักเบาของฝนได้ดังนี้

$$e = 916 + 331 \log_{10} I$$

โดยที่ e = พลังงานจลย์ของฝน (ฟุต-ตัน/เอเคอร์-นิ้ว)

I = ความหนักเบาของฝน (นิ้ว/ชั่วโมง)

นอกจากนี้แล้วการคำนวณค่าพลังงานในหน่วยของเมตริก (Metric) และระบบนานาชาติ (SI) ก็สามารถทำได้จากสมการต่อไปนี้ (Bergsma, 1981)

$$e(\text{metric}) = 210 + 89 \log I$$

โดยที่ e มีหน่วยเป็นเมตร-ตัน/เฮกตาร์/เซนติเมตร

I มีหน่วยเป็นเซนติเมตร/ชั่วโมง

หรือ $e(SI) = 11.9 + 8.73 \log I$

โดยที่ e มีหน่วยเป็น จูล/ตารางเมตร/มิลลิเมตร

I มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร/ชั่วโมง

ในการคำนวณค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนในรอบเดือนหรือรอบปีนั้น สามารถหาได้โดยการนำเอาค่า EI_{30} ของพายุฝนที่ตกแต่ละครั้งมารวมตลอดช่วงเวลาที่สนใจ เช่น ช่วงเวลาในหนึ่งเดือนหรือหนึ่งปี ซึ่งการคำนวณค่า R อาจเขียนในรูปของสมการได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$R = \sum_{i=1}^{n} (E_i I_{30i})$$

โดยที่ R = ดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน

$E_i I_{30i}$ = ดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนแต่ละครั้ง

n = จำนวนครั้งของฝนที่ตกและอยู่ในเงื่อนไขของการนำไปประเมินค่า EI_{30} ในช่วงเวลานั้น ๆ

การนำค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน (R) ไปใช้กับสมการการสูญเสียดินสากลนั้น นิยมสร้างเป็นแผนที่เพื่อความสดวกในการใช้งาน โดยการลากเส้นผ่านสถานีที่มีค่า R เฉลี่ยในรอบปีหรือรอบเดือนเท่ากันซึ่งยึดหลักการเช่นเดียวกับการสร้างแผนที่แสดงเส้นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่า (Iso - Hyetal map) แต่แผนที่ที่แสดงเส้นดรรชนีของการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนเฉลี่ยเท่า (R-Index) นี้เรียกว่า Iso-erodent map รายละเอียดในการหาค่า R และการสร้างแผนที่ Iso-erodent นั้นดูได้จากส่วนของวิธีดำเนินการและภาคผนวกที่ 4

เนื่องจากการคำนวณค่า R โดยวิธีดังกล่าวข้างต้นนั้นจำเป็นต้องมีเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติเพื่อบันทึกความหนักเบาของฝนในบริเวณที่ต้องการศึกษา ซึ่งเป็นเรื่องที่กระทำได้ยาก โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนา ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ของค่า R-Index กับตัวแปรของน้ำฝนอื่น ๆ ที่สามารถตรวจวัดได้ง่ายเพื่อการประเมินค่า R-Index ในบริเวณที่ไม่มีเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ

Bergsma (1981) ได้รวบรวมวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการประเมินค่า R-Index ไว้ดังนี้

1) วิธี Pt X 24 h Pmax X 1 hPmax

ผู้คิดค้นวิธีการประเมินค่า R-Index โดยวิธีนี้คือ Wischmeier ในปี ค.ศ.1962 เพื่อการใช้งานในประเทศสหรัฐ ซึ่งรูปแบบของความสัมพันธ์เป็นดังนี้

$$R = f(P_t \times 24\ hP_{max} \times hP_{max})$$

หรือ $R = f(a \times b \times c)$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่ Pt = a = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี

24 hPmax = ปริมาณฝนสูงสุดในช่วง 24 ชั่วโมงของช่วงการเกิดเหตุการณ์ใหม่(reoccurence interval) 2 ปี

1 hPmax= c = ปริมาณฝนสูงสุดในช่วง 1 ชั่วโมงของช่วงเกิดเหตุการณ์ใหม่ 2ปี

จากการศึกษาและหาความสัมพันธ์กันพบว่า

ก. ในเขตค่อนข้างชื้น (Sub-humid) และกึ่งแห้งแล้ง (Semi-arid) ในที่ราบทางตะวันตก ได้

$$R = 1.05\ abc + 38$$

ข. ในรัฐทางตะวันออกเฉียงเหนือ ได้

$$R = 0.77\ abc + 20$$

ค. ในบริเวณตอนล่างของหุบเขามิสซิสซิปปี้กับชายฝั่งทะเล ได้

$$R = 0.9\ abc + 27$$

โดยที่ R คือค่าประมาณของผลรวมของ EI แต่ละพายุฝนตลอดทั้งปีมีหน่วยเป็นฟุตตัน/เอเคอร์- นิ้ว/ชั่วโมง และ abc ความหมายดังอธิบายไว้แล้ว ส่วนปริมาณน้ำฝนมีหน่วยเป็นนิ้ว

2) วิธี $P^{2.2}$

Ateshian (1974) ได้เสนอวิธีการประเมินค่า R (EI_{30}) ของฮาวาย อลาสก้าบริเวณชายฝั่งทะเลเชียร่า เนวาด้า บริเวณภูเขาคาสแคด (Cascade) โอเรกอนและวอชิงตัน ซึ่งรวมเรียกว่าบริเวณที่ 1 (type I) กับบริเวณเปอร์โตริโก เกาะเวอร์จินและบริเวณของสหรัฐที่เหลือจากบริเวณที่ 1 ซึ่งบริเวณนี้ Ateshian เรียกว่าบริเวณที่ 2 (type II)

ผลการศึกษาค่า R ของช่วงเวลา 1 วัน (24 ชั่วโมง) ของพายุฝนหนึ่ง ๆ พบว่า บริเวณที่ 1

$$R = 15\ P/Hr^{0.6065}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บริเวณที่ 2

$$R = 19.25P/Hr^{0.4672}$$

โดยที่ P คือ ปริมาณของน้ำฝนเป็นนิ้วของพายุฝน

Hr คือ ช่วงเวลาในการตกของพายุฝน

ในกรณีที่ต้องการประมาณค่า R ในหนึ่งปีนั้น

บริเวณที่ 1

$$R = 27.00\ P^{2.2}$$

บริเวณที่ 2

$$R = 16.55\ P^{2.2}$$

โดยที่P คือปริมาณฝนสูงสุดช่วง 6 ชั่วโมง ของโอกาสที่จะกลับมาเกิดใหม่ 2 ปี

3) วิธี P_s X I_{30}

Bergsma (1981) ได้อ้างรายงานของ Delwaulle (1973) ซึ่งศึกษาในประเทศไนจีเรียพบว่า ปริมาณของน้ำฝนในพายุฝนครั้งหนึ่ง ๆ (P_s) กับค่า I_{30} มีความสัมพันธ์กับ EI_{30} แบบเส้นตรงซึ่งแสดงในรูปของสมการเส้นตรงได้ดังนี้

$$R = EI_{30} = 0.0158\ P_s\ X\ I_{30} - 1.2$$

โดยที่ R, EI_{30}= ดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนโดยวิธี EI_{30}

P_s = ปริมาณน้ำฝนต่อพายุฝนครั้งหนึ่ง ๆ

I_{30} = ความหนักเบาของฝนสูงสุดในช่วง 30 นาที

4) วิธี P_s (ปริมาณของน้ำฝนต่อพายุ ;. มม.) X I_{30},Pt (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี)

Bergsma (1981) อ้างรายงานของ Roose (1973, 1975) โดย Roose ได้ทำการศึกษาในไอโวรี่ โคสท์ (Iovery coast) และสรุปได้ดังนี้

1. เฉพาะบริเวณชายฝั่งในช่วงมิถุนายนถึงกันยายนได้ EI (เมตริก)

$$= 0.577\ P_s - 5.76$$

2. ช่วงตุลาคมถึงพฤษภาคม ได้ log EI (เมตริก)= f(log P_s)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ในการหาค่า R ตลอดปีนั้นจะต้องใช้สูตรข้อ 1,2 คำนวณแล้วรวมเข้าด้วยกัน

4. กรณีมีข้อมูลที่สมบูรณ์สามารถคำนวณได้หลาย ๆ ปี พบว่า R (เมตริก) = (0.50 ± 05) Pt โดย Pt ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีเป็นมิลลิเมตร

5) วิธีใช้น้ำฝนรายเดือน (Monthly precipitation) และจำนวนวันที่ฝนตก (raindays)

Klingebiel (1972 ; อ้างโดย Bergsma, 1981) อาศัยปริมาณน้ำฝนรายเดือน และจำนวนวันที่ฝนในเดือนนั้น ๆ โดยการกระจายของฝนในเดือนนั้น ๆ ควรเป็นแบบ แกมม่า (gamma distribution) ซึ่งทำให้เขาสามารถคำนวณหาจำนวนครั้งของพายุฝนขนาดต่าง ๆ ได้ และการคำนวณพลังงานของแต่ละพายุคือ

$$E = P_s \times 2 I_a$$

โดยที่ P_s = ปริมาณของฝนที่ตกแต่ละครั้ง (นิ้ว)

I_a = ความหนักเบาของฝนเฉลี่ย (นิ้ว/ชม.)

ส่วน $I_{30} = \sqrt{P_s}$

และ R หรือ EI = ฟุต-ตัน/เอเคอร์-นิ้ว

6) วิธีการใช้ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนกับน้ำฝนตลอดปี

Arnoldus (1980) ได้พัฒนาสมการการหาค่าดรรชนีของ Fournier ซึ่งเท่ากับ Pm^2/P โดยที่ Pm คือปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของเดือนที่มีน้ำฝนมากที่สุดและ P คือปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีมาใช้โดยการนำเอาดรรชนีของ Fournier ไปหาความสัมพันธ์กับค่า R ซึ่งการคำนวณหาค่าดรรชนีของทั้งปีทำได้ดังนี้

$$\text{F-Index} = P_i^2/P$$

โดยที่ P_i = ปริมาณน้ำฝนในเดือนที่ i

P = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปี

ต่อจากนั้นนำค่าดรรชนีไปหาความสัมพันธ์กับค่า R ในรูปของสมการเส้นตรงคือ $R = a(\text{F-Index}) + b$ โดยที่ R คือดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน a,b เป็นค่าคงที่ใด ๆ และ F-Index คือค่าดรรชนีที่คำนวณได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7) วิธีใช้ปริมาณน้ำฝนรายวัน (Rd) และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปี

Morgan (1979) ได้เสนอรูปแบบของการใช้สมการเส้นตรงเป็นตัวช่วยในการทำนายค่า คือ

$$EVd = a\,Rd-b$$

หรือ $$EVa = a\,Ra-b$$

โดยมี EVa และ EVa คือ ธรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนรายวันและรายปีตามลำดับ

Ra และ Ra ปริมาณน้ำฝนรายวันและรายปีตามลำดับ

a,b เป็นค่าคงที่

ซึ่งรูปแบบสมการทำนายค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนในรูปสมการเส้นตรงนี้มีผู้นิยมนำไปใช้กันมาก เช่น Watanasak (1978) ไพฑูรย์ (2524) วัฒนชัย (2528) และ McGregor และคณะ (1980) ส่วน Chao-Chin Chan (1981) ได้หาความสัมพันธ์ในรูปของ non-linear regression equation

คือ $R = aRa^b$

โดย R = คือดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนรายเดือนหรือรายปี

Ra = คือปริมาณน้ำฝนรายเดือนหรือรายปีตามลำดับ

a,b = เป็นค่าคงที่ของสมการ

ส่วนในไต้หวัน Huang (1976 ; อ้างโดย Chao-Chin Chan, 1986) ได้แสดงความสัมพันธ์ของ R และ Ra ตลอดปี ไว้ดังนี้

$$R = 0.0069Ra^{1.74}$$

นอกจากนักวิทยาศาสตร์จะได้พยายามประมาณค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน (R) แล้วยังมีการศึกษาเพื่อการหาค่าพลังงาน(E หรือ KE) โดยพยายามใช้ลักษณะของฝนที่สามารถตรวจวัดได้ง่าย ซึ่งผลงานต่าง ๆ Lal (1984) ได้รวบรวมไว้ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการหรือสมการ	หน่วย	ผู้ศึกษา
1. $E = 8.37\ I$	$erg.cm^{-2}.sec^{-1}$	Kinnell (1973)
2. $E = Z(1-be^{-hI})$	$erg.cm^{-2}.sec^{-1}.mm^{-1}$	Kinnell (1981)
3. $E = (198+84\ \log_{10} I)P+24$	$t.m.ha^{-1}$	Wilkinson (1975a)
4. $E = (41.4P-120.0)\ 10^{3}$	$erg.cm^{-1}$	Kowal and Kassam (1976)
5. $E = 18.846P$	$J.m^{-2}$	Elwell (1979) a,b)
6. $E = 18.2\ I_{30}+18.2$	$J.m^{-2}$	Lal (1981c)

หมายเหตุ : I = ความหนักเบาของฝน (cm/h); P = ปริมาณของฝน (mm.)

I_{30} = ความแรงของฝนสูงสุดช่วง 30 นาที (cm./hr.)

Z,b,h, = เป็นค่าคงที่ใด ๆ

แม้ว่าดรรชนี EI_{30} ของ Wischmeier และ Smith (1959) จะเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง แต่บางครั้งก็ไม่สามารถให้ความถูกต้องได้มากในบางท้องที่ นักวิทยาศาสตร์บางท่านจึงได้พยายามคิดค้นดรรชนีใหม่ ๆ ขึ้นมา เพื่อใช้คำนวณหาค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนแทน EI_{30} ในบางท้องที่วิธีการที่สำคัญได้แก่วิธีการดรรชนี KE>1 (The KE> 1 index) ซึ่งคิดขึ้นโดย Hudson (1971) และวิธีการดรรชนี AIm (AIm index) ผู้คิดขึ้นคือ Lal (1976)

<u>ดรรชนี KE> 1 (KE> 1 index)</u>

Hudson (1981) ทำการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในเขตร้อนที่อัฟริกา (Africa) พบว่าดรรชนี EI_{30} ของ Wischmeier นั้น มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียดินในแปลงทดลองน้อย ซึ่ง Hudson พบว่าการสูญเสียดินจะเกิดขึ้นรุนแรงเมื่อความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หนักเบาของฝนสูงกว่า 1 นิ้ว/ชั่วโมง(25 มิลลิเมตร/ชั่วโมง) และ Hudson ได้เรียกดรรชนีนี้ว่า ดรรชนี KE>1 การคำนวณค่าดรรชนี KE>1 นั้น ใช้หลักการคล้ายกับ EI_{30} แต่คิดค่าพลังงานของฝนที่มีความหนักเบามากกว่า 1 นิ้ว/ชั่วโมงเท่านั้น ผลรวมของค่าพลังงานของฝนที่คำนวณได้รวมกันโดยไม่ ต้อง คูณด้วย I_{30} และ 10^{-2} จะเป็นค่าดรรชนี KE 1 ของพายุฝนนั้น ๆ ค่าดรรชนี KE>1 นี้ Hudson กล่าวว่ามีความสัมพันธ์กับการสูญเสียดินในอัฟริกามากกว่าดรรชนี EI_{30} ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Joshua (1977 ; อ้างโดย Hudson, 1981)

ดรรชนี AIm (The AIm index) Lal (1976) ได้ทดสอบความสัมพันธ์ของค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน โดยวิธีดรรชนี EI_{30} และดรรชนี KE 1 กับการสูญเสียดินในภาคตะวันตกของไนจีเรีย พบว่าความสัมพันธ์ของดรรชนีทั้งสองกับการสูญเสียดินมีค่าต่ำกว่าดรรชนี AIm ซึ่ง Lal เป็นผู้คิดขึ้นเอง โดยที่ A คือปริมาณของน้ำฝนของพายุฝนนั้น ๆ และ Im_j คือความหนักเบาของฝนสูงสุดในช่วง7.5 นาที ซึ่งผลการศึกษาของ Lal ได้แสดงไว้ในตารางที่ 19 สำหรับการคำนวณหาค่าดรรชนี AIm นั้นสามารถคำนวณได้จากสูตร $AIm = \sum_{j=1}^{12}\left(\sum_{i=1}^{n} a_j m_j\right)$ โดยที่ a คือ ปริมาณของน้ำฝนที่ตกแต่ละครั้ง(ซม.); m_j คือความแรงของฝนสูงสุดในช่วง 7.5 นาทีของฝนนั้น ๆ (ซม./ชม.); n คือ จำนวนครั้งที่ฝนตกในแต่ละเดือน และ AIm คือดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนตลอดปี ($ซม.^2$/ซม./ปี)

นอกจากนี้ Lal (1976) ยังพบอีกว่าดรรชนี AIm มีความสัมพันธ์กับ EI_{30} สูง โดยสมการแสดงความสัมพันธ์มีดังนี้ $AIm = 0.97 R + 5$ ($r = 0.93^{**}$) สำหรับวิธีการหาค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนโดยวิธีต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้น ได้สรุปไว้ในตารางที่ 20

ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ดรรชนี EI_{30} ในการวิเคราะห์ค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน (R) เพราะเป็นดรรชนีที่มีข้อมูลศึกษามาก ได้ถูกนำไปใช้และทดสอบในพื้นที่ต่าง ๆ มากกว่าดรรชนีตัวอื่น ๆ และดรรชนี EI_{30} นี้ได้มีการนำไปศึกษาทดลองในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก(Bergsma, 1981) ในประเทศไทยรับเข้ามาใช้พร้อมกับสมการการสูญเสียดินสากล โดยกรมพัฒนาที่ดิน (2524), Watanasak (1978) ไพฑูรย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2524) ส่วนการสร้างแผนที่แสดงเส้นกรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนเฉลี่ยเท่า (Iso - erodent map) อาศัยการประมาณค่า R บริเวณต่าง ๆ โดยการสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R กับปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือน Watanasak (1978), กรมพัฒนาที่ดิน (2524) สมเจตน์ (2526) มนู (2526) และจำนวนวันที่ฝนตกในแต่ละเดือน เพื่อให้การทำนายค่ามีค่าความแม่นยำมากขึ้น (พิจารณาจากค่า R, R^2 ที่เพิ่มมากขึ้น) พร้อมทั้งนำหลักการสร้างแผนที่แสดงเส้นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่าเข้ามาช่วย (สมเจตน์, 2526)

ตารางที่ 13 แสดงสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ของค่ากรรชนีต่าง ๆ (AIm, KE > 1 และ EI_{30} กับปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงทดลอง

กรรชนี	% ความลาดเทของแปลง	ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์(r)
AIm	1	0.70**
AIm	5	0.86**
AIm	10	0.85**
AIm	15	0.81**
KE 1	1	0.52**
KE 1	5	0.79**
KE 1	10	0.74**
KE 1	15	0.83**
EI_{30}	1	0.64**
EI_{30}	5	0.89**
EI_{30}	10	0.91**
EI_{30}	15	0.81**

ที่มา : Lal (1976)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 14 แสดงการประเมินอาการรรชนีการชะล้างพังทลายของดิน ที่เกิดจากฝนโดยวิธีต่าง ๆ

วิธี	พื้นฐานของการคิดคำนวณ	สถานที่ใช้	ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้	หมายเหตุ
R หรือ EI	ความสัมพันธ์ของปริมาณการสูญเสียดินในแปลงทดลองกับผลของพลังงานของฝนที่ตกและค่าสูงสุดของความรุนแรงของฝน	อเมริกา	จำนวนฝนที่ตกทั้งหมดทั้งความหนักเบาของฝนที่ตกในช่วงสั้น (shower) และในระยะยาว	ได้ผลดีในอเมริกา ไม่ได้ผลในไนจีเรีย ประยุกต์ใช้หรือประมาณค่ากัน ทั่วโลกต้องการรายละเอียดข้อมูลจำนวนฝนในระยะยาว
การประมาณค่า R โดย Pt. x 24yh Pmax x 24 1h Pmax	ความสัมพันธ์กับค่า $_R$	อเมริกา	ค่าเฉลี่ยทั้งปีของฝนและค่าสูงสุดใน 24 ชั่วโมงของช่วง 2 ปีและค่าสูงสุดใน 1 ชม. ของช่วง 2 ปี	ได้ผลดีในอเมริกา ความสัมพันธ์กับ R แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ต้องการข้อมูลฝนระยะยาว
การประมาณค่า R โดย I_{6h}	ความสัมพันธ์กับค่า R	อเมริกา	ค่าสูงสุดของฝนใน 6 ชม. ของช่วง 2 ปี	ได้ผลดีในอเมริกา ความสัมพันธ์กับ R มี 2 สมการ ในอเมริกาต้องการข้อมูลในระยะยาว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 14 (ต่อ)

วิธี	พื้นฐานของการคิดคำนวณ	สถานที่ใช้	ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้	หมายเหตุ
การประมาณค่า R โดย P ปกติเป็นรายเดือนและจำนวนวันที่ฝนตก	สถิติโดยทั่วไปในการกระจายของฝนโดยใช้ปริมาตรและค่าเฉลี่ยความหนักเบาของฝน	ทั่วโลก	จำนวนวันที่ฝนตกในรอบเดือนและจำนวนฝนที่ตกรายเดือนในระยะยาว	ประมาณค่าโดยทั่วไปของ R ต้องการข้อมูลฝนระยะยาวแบบง่าย ๆ
การประมาณค่า R โดยแปรค่าคงรรชนีของ Fournier P^2/P	ความสัมพันธ์กับค่า R	โมรอคโค	ค่าเฉลี่ยของฝนในรอบเดือน	ได้ผลดีสำหรับข้อมูลของอเมริกาและแถบเมดิเตอร์เรเนียนภาคตะวันตกและภาคกลางของอัฟริกาวิธีการที่เป็นไปได้ทั่วโลกโดย FAO ต้องการค่าเฉลี่ยข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเท่านั้น
KE > 1	ความสัมพันธ์ของการสูญเสียดินจาก splash cup erosion, tray และแปลงทดลองกับส่วนของพลังงานของฝนที่ตกในช่วงสั้น (shower)		ปริมาตรช่องฝนและความรุนแรงของฝนที่ตกสำหรับฝนช่วงสั้นทั้งหมด	ได้ผลใน Zimbabwe แนะนำให้ใช้ในเขตร้อนและบริเวณใกล้เขตร้อน (Subtropical) ไม่ค่อยดีในไนจีเรียต้องการรายละเอียดในตอนฝน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 14 (ต่อ)

วิธี	พื้นฐานของการคิดคำนวณ	สถานที่ใช้	ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้	หมายเหตุ
การประมาณค่า R โดย $P_{storm} I_{30}$	ความสัมพันธ์กับ R ของช่วงฝนตก	อัฟริกาตะวันตก	ปริมาตรของฝนในช่วงฝนตก (rain-storm) และการบันทึกความแรงของฝน	ได้ผลดีในไนจีเรียและทางเหนือของ Volta (Upper, Volta) ใช้สมการง่าย ๆ เฉพาะภาคต้องการรายละเอียดของข้อมูล
การประมาณค่า R โดย P annual	ความสัมพันธ์กับ R	ชายฝั่งไอโวรี่ (Ivory - coast)	ฝนรายปี	ได้ผลดีแถวชายฝั่งทางเหนือของ Volta (Upper Volta) Senegal Niger, Chad Cameroon, Madagascar Ivory coast ภาคตะวันตกและภาคกลางของอัฟริกา ไวดีแถวใกล้ภูเขาประยุกต์ใช้ได้ง่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 14 ต่อ

วิธี	พื้นฐานของการคิดคำนวณ	สถานที่ใช้	ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้	หมายเหตุ
AI_m	สัมพันธ์กับการสูญเสียดิน	ไนจีเรีย	ปริมาตรฝนในช่วงฝนตกและความหนักเบาของฝนสูงสุด (peak) สำหรับฝนช่วงสั้นทั้งหมด	ได้ผลดีในไนจีเรีย ออสเตรเลีย อินเดีย แนะนำให้ใช้ในพื้นที่ที่มีความหนักเบาของฝนระยะสั้น (shower) สูง ต้องการรายละเอียดข้อมูลฝน

ที่มา : Bergsma (1981)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ความยากง่ายในการชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility : K-Value)

ความยากง่ายในการชะล้างพังทลายของดินหรือ soil erodibility มีการศึกษาและสังเกตตั้งแต่ปี ค.ศ.1926 โดย Bennett ได้สังเกตพบสมบัติของดินนี้แต่ก็มิได้ให้ชื่อเรียกแต่ประการใด จนกระทั่งปี ค.ศ.1930 Middleton นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันได้เรียกสมบัติของดินนี้ว่า " soil erosivity" ซึ่งใช้กันมาจนถึงปี ค.ศ.1936 Cook ได้เสนอให้เปลี่ยนชื่อเรียกใหม่ว่า " soil erodibility" และให้คำจำกัดความไว้ว่า "soil-erodibility" หมายถึง ความยากง่ายในการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งเป็นตัววัดความต้านต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดินหรือความง่ายในการเกิดการชะล้างพังทลายของดินก็ได้และ Cook ยังได้ให้ความหมายของคำว่า erodibility index คือ ปริมาณการเกิดการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นภายใต้สภาพที่มีการควบคุม (สมเจตน์ 2522) ส่วน Hudson (1981) ได้ให้ความหมายของ soil erodibility คือ" ความอ่อนแอหรือความไวต่อการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งขึ้นกับสมบัติทางกายภาพของดิน ภูมิประเทศ และการจัดการหรือการใช้ที่ดิน" ส่วน Wischmeier และ Smith (1978) ได้ให้ความหมายของ soil erodibility ในส่วนที่สอดคล้องกับสมการการสูญเสียดินสากล ซึ่งเป็นความหมายในเชิงปริมาณว่า คือ "อัตราส่วนของการสูญเสียดินต่อค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน (R-Index) โดยการวัดในแปลงมาตรฐาน "

ปัจจัยที่มีผลต่อความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน สามารถจำแนกเป็น 3 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และสมบัติทางชีวของดิน (สมเจตน์, 2522; Lal, 1984) นอกจากนั้น Lal ยังกล่าวอีกว่าความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดินนั้นมีสมบัติที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (dynamic property) ซึ่งขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของความเสถียรภาพของโครงสร้างดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ กิจกรรมของสิ่งมีชีวิตและอื่น ๆ จากปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดินดังกล่าวแล้ว สมบัติทางด้านกายภาพของดินนับว่ามีความสำคัญมากที่สุด (Tokudome, 1982) ซึ่งแยกได้ดังนี้ 1) เนื้อดิน (texture) 2) โครงสร้างของดิน (soil structure) 3) ความสามารถในการซึมซาบน้ำของดิน (permeability) 4) ปริมาณอากาศที่ถูกจับไว้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในดิน (soil air entrapment) 5) การเกาะกันของเม็ดดิน (cohesion) 6) การหดและขยายตัวของดิน (shrinking and swelling) 7) ความชื้นในดิน (antedate soil moisture) 8) ความคงทนของเม็ดดิน (aggregate stability) 9) การซึมน้ำผ่านผิวดิน (infiltration capacity) สมบัติของดินที่สำคัญรองมาได้แก่ สมบัติทางด้านเคมีซึ่งได้แก่ 1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter content) 2) ชนิดและปริมาณของประจุบวกที่ถูกดูดซับ(type of cation absorption) 3) ปริมาณของ SiO_2 และ sesquioxide ในดิน 4) ปริมาณของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable - sodium) ส่วนสมบัติทางด้านชีวนั้น ได้แก่กิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะพวกเชื้อรา ซึ่งมีเส้นใยช่วยยึดเกาะดิน (Lal, 1984; Tokudome, 1982; Al - Durrah Bradford, 1982 ; Baver, 1965 ; สมเจตน์ 2522; มนู 2526 ; Singer และคณะ, 1982)

การประเมินค่าความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดินหรือค่า K มีวิธีการประเมินอยู่สองลักษณะใหญ่ คือ 1) การประเมินโดยตรงจากแปลงศึกษาปริมาณการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่าของ Wischmeier และคณะ (1965) ซึ่งมีขนาดความยาวของความลาดเท 72.6 ฟุต ความชันของความลาดเท 9 เปอร์เซนต์ ในสภาพที่ไถขึ้น-ลงตามแนวลาดเท แล้วทิ้งไว้ว่างเปล่า ส่วนวิธีที่ 2) เป็นการประเมินทางอ้อม มีทั้งแบบการจำลองแปลงขนาดเล็ก ๆ และสร้างน้ำฝนเทียมขึ้นเอง และแบบการสร้างสมการทำนายค่า โดยอาศัยสมบัติต่าง ๆ ของดินเป็นตัวแปรหรืออาศัยการจัดชั้น ซึ่งอาศัยสมบัติของดินบางตัวที่ทดสอบได้รวดเร็ว ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

การประเมินโดยวิธีตรง จากแปลงทดลองมาตรฐานนั้น ค่า $K = A/R$ เมื่อ K คือค่าความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน A คือปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงทดลองมาตรฐานและ R คือ ดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน (Hudson, 1981 Wischmeier และ Smith, 1978; สมเจตน์ 2526) การประเมินโดยวิธีการนี้ ประเทศไทยโดยกรมพัฒนาที่ดินก็ได้รับเอามาใช้ในหน่วยงาน ดังปรากฏในรายงานประจำปีทั่ว ๆ ไป การศึกษาวิธีนี้แม้จะเป็นวิธีมาตรฐานและให้ความถูกต้องมากที่สุด แต่ก็ต้องเสียค่าใช้จ่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และใช้เวลามาก จึงไม่เหมาะสมในแง่ของการปฏิบัติ จึงมีผู้พยายามดัดแปลงวิธีการที่ง่าย ประหยัดและรวดเร็วกว่า เช่น การประเมินค่าโดยใช้แปลงขนาดเล็ก แล้วใช้ฝนเทียมที่สร้างขึ้นเอง (Lyles และคณะ 1969; Suhr และคณะ 1984; Epstein และ Grant, 1971; Wischmeier และ Mannering, 1969; Meester และคณะ 1979; Loch; 1984) อย่างไรก็ตามก็ยังต้องอาศัยเวลายาวนานในการทดสอบในแปลงซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง จึงจะให้ผลการทดลองที่ดี ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก และการทดสอบต้องมีความระมัดระวังในการควบคุมเครื่องทำฝนเทียม(portable rainfall stimulator) ให้ดีด้วย (Meester และคณะ, 1979)

จากที่กล่าวมานั้น แม้จะมีการจำลองรูปแบบการวัดมาใช้ ก็ยังให้ผลไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามสร้างสมการขึ้นมาทำนายค่า โดย Bouyoucos (1935 ; อ้างโดย Hudson, 1981) ได้เสนอแนะวิธีวัดค่าความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้อัตราส่วนของเปอร์เซนต์อนุภาคดินทรายบวกอนุภาคดินซิลท์หารด้วยเปอร์เซนต์ของอนุภาคดินเหนียว ซึ่ง Bouyoucos ได้ให้ชื่อว่า"Clay ratio" ส่วนวิชาญ (2516) ได้อาศัยหลักการของ Middleton ในการหาอัตราการแตกกระจายของดิน (dispersion ratio) ซึ่งหมายถึงค่าเปอร์เซนต์ของปริมาณอนุภาคดินซิลท์และดินเหนียว ซึ่ง Middleton (1930 ; อ้างโดยวิชาญ 2516) ได้ใช้ค่าอัตราการแตกกระจายของดินนี้เป็นค่าวัดสมรรถภาพการพังทลายของดินโดยตรง และวิชาญยังได้นำค่าอัตราการแตกกระจายของดินไปหาความสัมพันธ์กับสมบัติของดินต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นสมการประเมินค่าสมรรถภาพการพังทลายของดินด้วย ดังนี้

$$DR = 3.80+10.88Bd+0.860\ O_m - 0.25C_1+0.55G \quad (R = 0.6581; R^2=0.81)$$

โดยที่ DR = อัตราการแตกกระจายหรือสมรรถภาพการพังทลายของดิน

Bd = ความหนาแน่นรวมของดิน

O_m = เปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุของดิน

C_1 = เปอร์เซนต์อนุภาคดินเหนียว (เปอร์เซนต์)

G = เปอรเซนต์กรวด (เปอร์เซนต์)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากค่าอัตราการแตกกระจายของดินนี้ Middleton ได้กำหนดไว้ว่า ถ้าค่านี้สูงมากกว่า 10 เปอร์เซนต์ จัดว่าดินนั้นง่ายต่อการชะล้างพังทลาย (erosive soil) ถ้าต่ำกว่า 10 เปอร์เซนต์ถือว่ายากต่อการชะล้างพังทลาย (non-erosive soil) สมบัติของดินบางตัวที่วิชาญ (2516) ได้นำมาศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Wischmeier และ Mannering (1969) ซึ่งได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของสมบัติต่าง ๆ ของดินกับความยากง่ายในการเกิดการชะล้างพังทลายของดินโดย Wischmeier และ Mannering ได้อาศัยสมบัติของดินถึง 24 ลักษณะ ดังตารางที่ 15 เพื่อสร้างสมการสำเร็จทำนายความยากง่ายในการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน ดังนี้

$$K = 0.013(18.83+0.62X_1+0.043X_2-0.07X_3+0.0082X_4-0.10X_5-0.214X_6$$
$$+1.73X_7-0.0062X_8-0.26X_9-2.42X_{10}+0.30X_{11}-0.024X_{12}-21.5X_{13}$$
$$-0.18X_{14}+1.0X_{15}+5.4X_{16}+4.4X_{17}+0.65X_{18}-0.39X_{19}+0.043X_{20}$$
$$-2.82X_{21}+3.3X_{22}+3.29X_{23}-1.38X_{24})$$

โดยที่ K = ความยากง่ายในการชะล้างพังทลายของดิน

$X_1 - X_{24}$ = เป็นตัวแปรต่าง ๆ กำหนดดังตารางที่ 15

ส่วน Romkens และคณะ (1977) ได้ศึกษาสมบัติของดินที่มีผลต่อความยากง่ายในการชะล้างพังทลายของดิน โดยเน้นที่ดินล่างซึ่งเป็นดินเหนียว (clay subsoil) โดยศึกษาจากสมบัติต่าง ๆ ดังตารางที่ 16

จากการศึกษาพบว่า ค่าความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดินบนนั้นขึ้นกับตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้ X_{11}, X_{12} , X_{13} และ X_{17} ซึ่งเป็นสมบัติที่คล้ายกับการศึกษาของ Wischmeier และคณะ (1971) โดยสมการทำนายค่า K ของ Romkens และคณะเป็นดังนี้

$$K = -0.145+(6.87X10^{-5}X_{11})+0.0034X_{12}+0.038X_{13}-0.157X_{17}$$

ส่วนดินล่างนั้นขึ้นกับ X_1 หรือ X_{11} เป็นปัจจัยหลักร่วมกับปัจจัยอื่น ดังตารางที่ 17

ถึงแม้สมการทำนายค่าของ Wischmeier และ Mannering (1969) กับ Römkens และคณะ (1977) จะมีความถูกต้องสูง แต่ความนิยมในการนำไปใช้มีไม่มาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 ตัวแปรต่าง ๆ ของคุณสมบัติดินในสมการของ Wischmeier และ Mannering(1969)

ตัวแปร	สมบัติของดิน	R	สัดส่วน F
X_1	% silt X 1/% organic matter	0.66	48.0
X_2	% silt X reaction*	0.53	13.0
X_3	% silt X structure strength*	0.06	5.9
X_4	% silt X % sand	-0.22	29.3
X_5	% sand X % organic matter	-0.93	38.0
X_6	% sand X aggregation index	-0.54	6.2
X_7	clay ratio	-0.37	24.7
X_8	clay ratio X % silt	0.0006	2.4
X_9	clay ratio X % organic matter	-0.46	34.2
X_{10}	clay ratio X 1/%organic matter	0,002	88.3
X_{11}	clay ratio X aggregation index	-0.44	4.3
X_{12}	clay ratio X 1/aggregation index	0.15	7.4
X_{13}	aggregation index	-0.37	17.5
X_{14}	antecedent soil moisture	-0.02	2.8
X_{15}	increase in acidity below plow zone*	0.52	18.2
X_{16}	structure*	0.05	19.9
X_{17}	structure strength	-0.03	6.9
X_{18}	structure change below plow layer*	0.13	12.7
X_{19}	thickness of granular material	0.13	6.7
X_{20}	depth from "friable" to "firm"	0.05	1.8
X_{21}	loess=1 ; other = 0	0.36	14.3
X_{22}	over calcareous base = 1;other = 0	-0.30	21.6
X_{23}	% organic matter X aggregation index	-0.49	6.7
X_{24}	reaction X structure	0.05	22.6

* = Numerically coded from profile description

ที่มา ; Wischmeier และ Mannering (1969)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 16 สมบัติของดินที่ใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับค่าความยากง่าย ในการชะล้างพังทลายของดิน (K) โดย Römkens และคณะ (1977)

	Variable	Correlation coefficients *	
		surface soils	Subsoils
	physical properties		
X_1	clay 2 μm	0.06	-0.78
X_2	sand 50 μm	-0.68	0.46
X_3	silt, 2-50 μm	0.82	0.21
X_4	sand, 0.05-0.10 mm	-0.26	0.61
X_5	sand, 0.10-0.25 mm	-0.52	0.40
X_6	sand, 0.25-0.50 mm	-0.72	0.42
X_7	sand, 0.5-1.0 mm	-0.64	0.42
X_8	sand, 1.0-2.0 mm	-0.44	0.31
X_9	new sand, 0.1-2.0 mm**	-0.69	0.40
X_{10}	new silt, 2-100 μm**	0.84	0.57
X_{11}	M***	0.86	0.81
X_{12}	structure	0.33	-
X_{13}	permeability	0.64	-
	chemical properties		
X_{14}	total N	0.09	-0.82
X_{15}	total P	-0.10	-0.22
X_{16}	total organic C	-0.09	-0.46
X_{17}	Na-pyrophosphate Org.C	-0.11	-0.59
X_{18}	hot water extr.org.	-0.17	0.30
X_{19}	Na-periodate consumption	-0.04	0.03
	mineralogical properties		
X_{20}	Fe_2O_3	0.19	-0.13
X_{21}	Al_2O_3	0.35	0.43
X_{22}	SiO_2	-0.07	-0.38

(มีต่อ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 16 (ต่อ)

Variable		Correlation coefficients* surface soils	subsoils
X_{23}	amorphous material	0.18	-0.40
X_{24}	montmorillonite	0.12	-0.52
X_{25}	vermiculite	-0.05	-0.54
X_{26}	mica	-0.18	0.58
X_{27}	quartz & feldspar	0.07	-0.63
X_{28}	kaolinite & halloysite	0.32	0.52
X_{29}	chlorite	0.12	-0.92
	interaction factors		
X_{30}	Fe_2O_3+ Al_2O_3	0.22	-0.10
X_{31}	(Fe_2O_3+Al_2O_3) X clay	0.01	-0.06
X_{32}	(Fe_2O_3+Al_2O_3) X montmorillonite	0.12	-0.61
X_{33}	total % Org.C X clay	-0.07	-0.77
X_{34}	total % org.C X montmorillonite	0.06	-0.70
X_{35}	specific surface	0.12	-0.59

* simple correlation coefficients of K on measured soil properties of 46 surface soils and seven subsoils.

** The very fine sand (0.05-0.1mm.)fraction was added to the silt term,X_2 and subtracted from the sand term,X_2 (Wischmeier et.al., 1971)

*** Mrepresents the product of the size fractions expressed in percent: (silt plus very fine sand) X (silt plus sand)(Wischmeier et al., 1971)

ที่มา ;Römkens และคณะ (1977)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 17 แสดงสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในสมการทำนายค่า K ของดินล่างของ Romkens และคณะ (1977)

ตัวแปร	R^2	สัมประสิทธิ์ของตัวแปร 1/				
		ค่าคงที่	X_{11}	X_{30}	X_{22}	X_{19}
X_{11}	0.651	-0.060	0.00018			
X_{11}, X_{30} 2/	0.903	0.004	0.00023	-0.108		
X_{11}, X_{30}, X_{22}	0.951	0.321	0.00020	-0.144	-0.837	
X_{11}, X_{30}, X_{19}	0.960	-0.057	0.00024	-0.117		0.137
		ค่าคงที่	X_1	X_{23}	X_{21}	
X_1	0.615	0.780	-0.009			
X_1, X_{23} 2/	0.895	0.705	-0.019	0.112		
X_1, X_{23}, X_{21}	0.990	0.467	-0.019	0.114	0.995	

1/ ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ $K = C_0 + C_1 X_1 + \ldots C_i X_i$

2/ เป็นสมการที่ Romkens และคณะ ได้เสนอให้ใช้ประมาณค่า K ของดินล่าง (subsoil)

1) $K = 0.004 + 0.00023X_{11} - 0.108X_{30}$

2) $K = 0.705 - 0.019X_1 + 0.112X_{23}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นัก แต่สมการของ Wischmeier และคณะ (1971) ซึ่งคิดวิธีการหาค่าปัจจัยความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดินโดยอาศัยสมบัติของดิน ดังนี้คือ 1) เปอร์เซนต์อนภาคซิลท์+เปอร์เซนต์อนุภาคทรายละเอียดมาก 2) เปอร์เซนต์อนุภาคทรายละเอียดถึงทรายหยาบมาก 3) เปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุในดิน 4) โครงสร้างของดิน และ 5)การซึมซาบน้ำของดิน ได้มีผู้นิยมนำไปใช้กันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ควบคู่กับสมการการสูญเสียดินสากล (สมเจตน์,2526; Wischmeierและ Smith,1978 ; ไพฑูรย์ 2524 ; มนู 2526 ;Hudson,1971 ; Watanasak, 1978)

สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า K กับคุณสมบัติต่าง ๆ ของดินทั้ง 5 ประการของ Wischmeier และคณะมีดังนี้

$$100K = 2.1M^{1.14}(10^{-4})(12-a)+3.25(b-2)+2.5(c-3)$$

โดยที่ K = ค่าความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน

M = (% อนุภาคดินซิลท์ + % อนุภาคทรายละเอียดมาก) X (100- % อนุภาคดินเหนียว)

a = % อินทรีย์วัตถุ

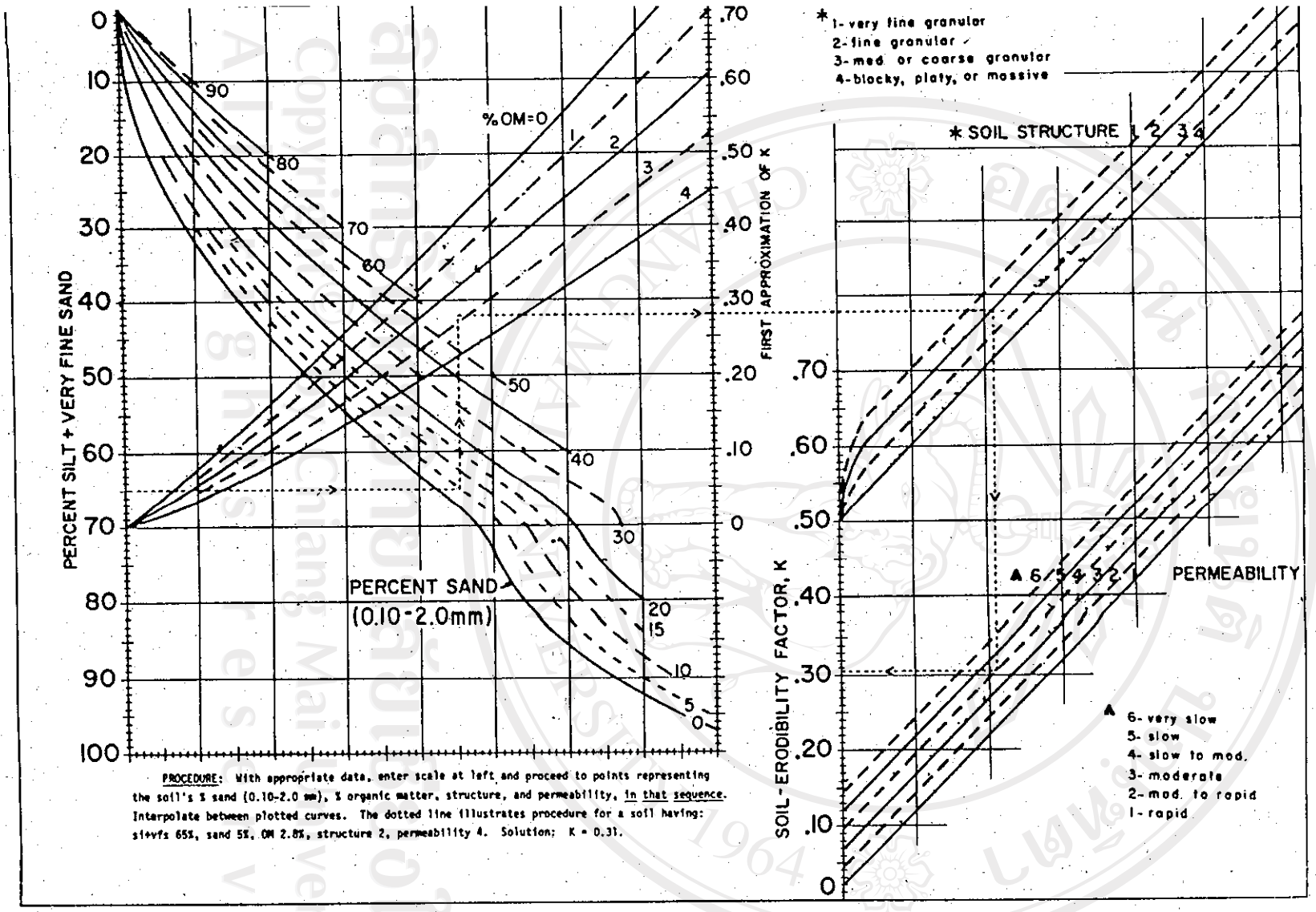
b = ระหัสโครงสร้างของดิน (ดู รูปที่ 15)

c = ระหัสของชั้นการซึมซาบน้ำ (ดูรูปที่ 15)

สมการนี้ใช้ได้กับดินที่มีปริมาณของอนุภาคดินซิลท์รวมกับอนุภาคทรายละเอียดมาก ไม่เกิน 70 เปอร์เซนต์ ถ้าเกิน 70 เปอร์เซนต์ Wischmeier แนะนำให้ใช้แผนภาพ soil erodibility nomograph ในการประเมินค่า K แทน (รูปที่ 15) ซึ่งแผนภาพดังกล่าว สามารถใช้ได้กับเนื้อดินทุกประเภท

นอกจากการประเมินโดยอาศัยสมการและแผนภาพดังกล่าวมาแล้ว ยังมีวิธีการประเมินความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดินที่สามารถทำได้รวดเร็ว เช่น 1) วิธี Mainpulation Test ซึ่งเสนอโดย Bont และคณะในปี 1979 2) วิธี Pinhole -

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



-The soil-erodibility nomograph. Where the silt fraction does not exceed 70 percent, the equation is $100\ K = 2.1\ M^{1.14}\ (10^{-4})\ (12 - a) + 3.25\ (b - 2) + 2.5\ (c - 3)$ where M = (percent si + vfs) (100 — percent c), a = percent organic matter, b = structure code, and c = profile permeability class.

รูปที่ 15 แสดงแผนภาพโนโมกราฟ เพื่อสำรวจประเมินความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน (Wischmeier และคณะ (1981)

test เสนอโดย Sherard และคณะในปี 1976 และ 3) วิธี Crumb test เสนอโดย Sherard และคณะในปี 1976 (Bergsma, 1985 และ Jin-King Liu, 1982) หลักของวิธีการต่าง ๆ พอสรุปได้ดังนี้

1) วิธี Manipulation test เป็นการทดสอบแรงยึดเกาะตัวกันของดิน โดยใช้ดินก้อนขนาด 2 ซม.^{3} ความชื้นที่จุดเหนียว (sticky point) และทำให้ดินเปลี่ยนรูปไปต่าง ๆ กัน แล้วนำไปจัดชั้นความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน ดูตารางที่ 18 ประกอบ

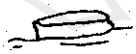
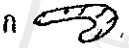
2) วิธี Pinhole test เป็นการทดสอบความทนทานของดิน เมื่อมีน้ำไหลผ่าน โดยปั้นดินความชื้นที่จุดเหนียวให้เป็นก้อนกลมแล้วเจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร รินน้ำให้ไหลผ่านรูนั้น 50 ซม.^{3} แล้วรองรับน้ำด้วยบีเกอร์ใสสังเกตระดับความขุ่นของน้ำในบีเกอร์นำมาจัดชั้นของความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน ดูตารางที่ 18 ประกอบ

3) วิธี Crumb test เป็นการทดสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะของก้อนดินในน้ำ มีการทดสอบขณะดินแห้ง โดยใช้ก้อนดินที่แห้ง (air dry) ก้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ค่อย ๆ จุ่มลงในบีเกอร์ใสที่มีน้ำบรรจุอยู่ 150 ซม.^{3} ตั้งทิ้งไว้ 5-10 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะของก้อนดินแล้วจัดลำดับความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน ดูตารางที่ 18 ประกอบ นอกจากนั้นยังมีการทดสอบขณะดินเปียก โดยปั้นดินขณะชื้น ณ จุดเหนียวให้เป็นก้อนกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตรแล้วปฏิบัติเช่นเดียวกับการทดสอบขณะดินแห้ง แล้วจัดลำดับเช่นเดียวกัน

เนื่องจากวิธีการประเมินค่าความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน หรือค่า K ในสมการการสูญเสียดินสากลนั้น วิธีการของ Wischmeier และคณะ (1971) โดยการใช้สมการและแผนภาพโนโมกราฟเป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์กันมากดังกล่าวมาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรับเอามาใช้ควบคู่กับการใช้สมการการสูญเสียดินสากล ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้วิธีการประเมินค่า K โดยวิธีของ Wischmeier และคณะ (1971) ด้วยตามความเหมาะสมและเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 18 แสดงการลำดับความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน โดยการทดสอบวิธีต่าง ๆ ของ Jin-King Liu (1982)

วิธี/ลำดับชั้น		คำอธิบาย
1) วิธี Manipulation test		
	1	เหมือนเนินเล็ก ๆ ดินทราย
	2	เหมือนเม็ดยา  ดินทรายร่วน
	3	ปั้นได้ยาว 10 ซม. แต่มีรอยแตก ดินร่วนปนทราย
	4	ปั้นได้ยาว 10 ซม. ไม่มีรอยแตก ดินร่วน
	5	โค้งเป็นเกือกม้าได้ แต่มีรอยแตก  ดินร่วนเหนียว
	6	โค้งเป็นเกือกม้าได้และไม่มีรอยแตก ดินเหนียวร่วน
	7	โค้งเป็นวงได้โดยไม่มีรอยแตก ดินเหนียว
2) วิธี Pinhole test		
	1	น้ำใส ไม่มีการชะล้างพังทลาย
	2	มีสารแขวนลอยบางส่วน มีการชะล้างพังทลายเล็กน้อย
	3	มีสารแขวนลอยเห็นได้ชัด มีการชะล้างพังทลายปานกลาง
	4	มีสารแขวนลอยขุ่นข้น มีการชะล้างพังทลายรุนแรงมาก
3) วิธี Crumb test		
	1	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง
	2	มีสารแขวนลอยบางส่วน มีการชะล้างพังทลายเล็กน้อย
	3	ก้อนดินบางส่วนเหลือเป็นก้อนอยู่
	4	ก้อนดินแตกออกหมดทั้งก้อน

ที่มา : Jin-King Liu (1982)

การจัดชั้นตามตารางที่ 18 Jin-King Liu ได้นำไปเปรียบเทียบกับชั้นความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน ของ Bergsma ผลปรากฏดังตารางที่ 19

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 19 แสดงการจัดลำดับขั้นความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดินของ Jin-King Liu (1982)

Sealingness	sealing soils		non-sealing soils		
Stability	instable aggregates		stable aggregates		
Aggregation	low aggregation		high aggregation		
Crumb test	3 - 4		1 - 2		
Coherence	incoherent	coherent	incoherent	coherent	
Pinhole test	3 - 4	1 - 2	3 - 4	1 - 2	
Manipulation test	1 - 5	6 - 7	1 - 5	6 - 7	
				total score of field tests	
				10-11	9	8
Classification	class 5 very high	class 4 high		class 3 medium	class 2 low	class 1 very low
K Value 1/	0.35-0.70	0.17-0.35		0.08 0.17	0.04 0.08	0.04

ที่มา ; ประยุกต์จาก Jin King Liu (1982)

หมายเหตุ 1/ เป็นค่าที่เทียบจากการจัดชั้นของ Bergsma (1985)

ในการสุ่มเก็บตัวอย่างดินและการแสดงในรูปแผนที่นั้น ได้ยึดลักษณะของชุดดิน (soil series) เป็นหลักในการสุ่มเก็บตัวอย่างและแสดงผลซึ่งให้ความสัมพันธ์กับค่าความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดินที่ดี (Holzhey และ Mausbach, 1977) ส่วนบริเวณที่สูงและภูเขาสามารถใช้ลักษณะทางธรณีวิทยาที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดของดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อค่าความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน (Wang, 1979 อ้างโดย Lal, 1984; Jin King Liu (1982); Wooldridge, 1964; Chao-Chin Chan, 1981)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นตัวช่วยในการสุ่มเก็บตัวอย่างและแสดงผลในแผนที่

3. ปัจจัยความยาวและความชันของความลาดเท (LS-factor)

ปัจจัยของความลาดเทที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินนั้น Zingg (1940, อ้างโดย Mitchell และ Bubenzer, 1980) เป็นบุคคลแรกที่ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์อันนี้ และพบว่าเมื่อความยาวและความชันของความลาดเทสูงขึ้น การสูญเสียดินจะเพิ่มสูงขึ้น โดย Zingg ได้เสนอเป็นสูตรทั่วไปว่า $A = CS^m L^{n-1}$ สมการของ Zingg นี้ถือได้ว่าเป็นสมการพื้นฐานสำหรับการนำไปปรับปรุงในระยะต่อมาคือ Musgrave (1947), Smith (1941), Smith และ Whitt (1947) ส่วนการศึกษาถึงอิทธิพลของความยาวของความลาดเทนั้น Lal (1983) ได้เสนอในรูปสมการทั่วไปเป็น $A = aL^b$ เมื่อ A คือปริมาณการสูญเสียดินต่อปี a,b เป็นค่าคงที่ใด ๆ และ L คือความยาวของความลาดเทเป็นเมตร

ปัจจัยของความยาวและความชันของความลาดเทนั้น Wischmeier และ Smith (1978) ได้เรียกรวม ๆ กันว่าปัจจัยของสภาพภูมิประเทศ

จากการศึกษาและวิจัยนั้น ปัจจัยทั้งสองจะถูกแยกออกจากกัน แต่ในลักษณะการนำไปใช้งานแล้วเรามักประเมินค่าของปัจจัยทั้งสองไปพร้อม ๆ กัน

ในส่วนความยาวของความลาดเท Wischmeier (1965, 1978) ได้ให้ความหมายไว้ว่า "หมายถึง ระยะจากจุดที่เริ่มมีน้ำไหลบ่าไปจนถึงจุดที่ความชันของความลาดเทลดลง จนทำให้มีการตกตะกอนเกิดขึ้นหรือไหลเข้าสู่ทางน้ำหรือแหล่งน้ำต่าง ๆ" ส่วนการเปลี่ยนแปลงของชนิดพืชและความชันของความลาดเทนั้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนความยาวของความลาดเท ความยาวของความลาดเทนั้นถ้ายาวมากย่อมมีผลให้การเกิดน้ำไหลบ่าสะสมมีมากด้วย ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการทำให้ดินแตกและพัดพาดินไปของน้ำไหลบ่าสูงขึ้น การศึกษาจากแปลงทดลองมาตรฐานถึงอิทธิพลของความยาวของความลาดเทของ Wischmeier และ Smith (1965) ได้กำหนดสูตรเพื่อใช้ในการประเมินค่าปัจจัยความยาวของความลาดเทไว้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$L = (\lambda/22.13)^m$

หรือ $= (\lambda/72.6)^m$

โดยที่ L = ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท

λ = ความยาวของความลาดเทมีหน่วยเป็นเมตรและฟุต ตามลำดับ

m = ค่าคงที่ที่ผันแปรไปตามความชันของพื้นที่ ซึ่ง Wischmeier และ Smith (1978) ได้กำหนดไว้ดังนี้

m = 0.5 ถ้าความลาดเท $\geq$ 5 %

m = 0.4 ถ้าความลาดเท $\geq$ 3 % - $<$ 5 %

m = 0.3 ถ้าความลาดเท $\geq$ 1 % - $<$ 3 %

m = 0.2 ถ้าความลาดเท $<$ 1 %

เนื่องจากพื้นที่โดยทั่วไปที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินมักมีความชันเกิน 5 เปอร์เซนต์ ดังนั้นจึงมักให้ค่า m = 0.5 หรือเขียนในรูปสมการเป็น $L = (\lambda/22.13)^{0.5}$ หรือ $L = \sqrt{(\lambda/72.6)}$ (วัฒนชัย, 2528; กรมพัฒนาที่ดิน 2524; มนู 2526,2527)

ในทางการศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน ความชันของความลาดเท นับว่ามีความสำคัญสูงกว่าความยาวของความลาดเท Zingg (1940; อ้างโดย Wischmeier และ Smith, 1965) และ Musgrave (1947) ได้แสดงความสัมพันธ์ของการสูญเสียดินกับความชันของความลาดเทในลักษณะของเลขยกกำลัง และจากการศึกษาของ Wischmeier และ Smith (1965) ได้เสนอสมการการประเมินค่าอิทธิพลของความชันไว้ดังนี้

$S = (0.43 + 0.30s + 0.043s^2) / 6.613$

หรือ $S = 65.41 \sin^2 \theta + 4.56 \sin \theta + 0.065$

โดย θ = มุมเอียงของความลาดเท

ซึ่ง $100 \sin \theta$ = เปอร์เซนต์ความลาดเท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการประเมินค่าปัจจัยร่วมของ L,S ก็คือการนำเอาค่าอิทธิพลของปัจจัยทั้งสองมาคูณกัน ดังนี้

$$LS = (\lambda/22.13)^{m}[(0.43 + 0.3s + 0.043s^{2})/6.613]$$

หรือ $$LS = (\lambda/22.13)^{m}(0.065 + 0.45s + 0.0065s^{2})$$

หรือถ้า m = 0.5

$$LS = \sqrt{\lambda}\,(0.0138 + 0.00965s + 0.00138s^{2})$$

ค่า LS ที่คำนวณได้จากสูตรต่าง ๆ เหล่านี้ ได้มีการนำไปแสดงเป็นแผนภาพและตารางสำเร็จ ดังภาคผนวกที่ 7-9

ในการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ขนาดใหญ่นั้น การหาค่าความยาวและความชันของความลาดเท โดยวัดจากแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศนั้น กระทำได้ยาก โดยเฉพาะความยาวของความลาดเทที่ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลาย (erosion slope length) ตามหลักการของ Wischmeier และ Smith (1965,1978) จากการศึกษาของ Watanasak (1978), ไพฑูรย์ (2524) และวัฒนชัย (2528) ใช้การวัดค่าความยาวของความลาดเทจากแผนที่ภูมิประเทศ พบว่าค่าความยาวอยู่ระหว่าง 466-4137 เมตร (วัฒนชัย 2528) ซึ่งเป็นค่าที่ยาวเกินความเป็นจริง เพราะโดยทั่วไปค่าความยาวของความลาดเทที่จัดว่ายาวมากนั้นจะยาวประมาณ $\frac{1}{4}$ ไมล์ หรือประมาณ 400 เมตร ซึ่งก็หาได้ยากมาก ยกเว้นมีการปรับแต่งพื้นที่ (Wischmeier และ Smith 1978) ดังนั้นการหาค่าความยาวของความลาดเทจึงควรวัดจริงในสนามจึงจะได้ค่าที่ถูกต้องมากกว่า

ในแง่การศึกษาในลุ่มน้ำ Williams และ Berendt (1977) ได้ศึกษาวิธีการประเมินค่าความยาวของความลาดเทในพื้นที่ลุ่มน้ำพบว่า วิธี contour-extreme point method เป็นวิธีการที่ให้ค่าใกล้เคียงความจริงมากที่สุด แต่วิธีการดังกล่าวก็ยังไม่มีการทดสอบอย่างแน่นอนและยังสรุปไว้ว่า วิธีการที่ดีที่สุดก็คือการวัดจริงในพื้นที่

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้หลักการหาค่าความชันและความยาวของความลาดเทโดยการวัดจริงจากพื้นที่ตัวอย่างของดินแต่ละชุดและแต่ละลักษณะทางธรณีวิทยา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. ปัจจัยการปลูกและการจัดการพืช (C-Factor)

ความหมายของค่าปัจจัยการปลูกและการจัดการพืชในสมการการสูญเสียดินสากลของ Wischmeier (1965) กล่าวว่า หมายถึงอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากแปลงที่มีการปลูกพืชและการจัดการหนึ่ง ๆ ภายใต้สภาพอื่น ๆ ที่คงที่กับแปลงที่มีการไถพรวนแล้วปล่อยทิ้งให้ว่างเปล่าตลอดเวลา "การพิจารณาค่า C นั้น มักพิจารณาจากองค์ประกอบต่างๆ 5 ประการ (Wischmeier และ Smith 1978) ดังนี้

1) ลักษณะพุ่มใบของพืช (crop canopy) ซึ่งประกอบด้วย ใบ กิ่ง และลำต้นที่รับแรงปะทะของน้ำฝน แต่ไม่สามารถต้านทานการไหลได้

2) เศษเหลือของพืชบนผิวดิน (residue mulch) ประกอบด้วยชิ้นส่วนของพืชที่เหลือตกค้างบนผิวดินช่วยในการรับแรงปะทะและยับยั้งการไหลบ่าของน้ำฝน

3) การคลุกเคล้าของวัสดุคงเหลือในดิน (incooperated residue) เป็นการคลุกเคล้าเศษเหลือของพืชลงไปในดินชั้นบน ช่วยในการซึมน้ำการยับยั้งการไหลของน้ำได้

4) การไถพรวน (tillage) มีผลต่อการเกาะตัวของเม็ดดิน ช่องว่างในดิน การซึมน้ำของดินและความแน่นทึบของดินมีผลต่อการซึมน้ำ อุ้มน้ำ และการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน

5) สิ่งตกค้างของการใช้ที่ดิน (Land use residue) เป็นผลจากเศษเหลือของพืช การเปลี่ยนโครงสร้างดิน เมื่อมีการไถความหนาแน่นของดินและอินทรีย์วัตถุจะเปลี่ยนไป

ส่วนประสิทธิภาพในการคลุมดินของพืชแต่ละชนิดนั้นสามารถพิจารณาได้จากเปอร์เซนต์การคลุมดินของพืชแต่ละชนิด ซึ่งจำแนกออกได้ 4 ระดับตามหลักของ Osborn (1954) ดังนี้

1) พืชที่มีการคลุมดินดีที่สุดได้แก่ พืชที่มีการคลุมดินตั้งแต่ 75 เปอร์เซนต์ขึ้นไป

2) พืชที่มีการคลุมดินดี ได้แก่พืชที่มีการคลุมดินตั้งแต่ 50 ถึง 75 เปอร์เซนต์

3) พืชที่มีการคลุมดินปานกลางได้แก่ พืชที่มีการคลุมดินตั้งแต่ 25 ถึง 50 เปอร์เซนต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4) พืชที่มีการคลุมดินน้อย ได้แก่พืชที่มีการคลุมดินน้อยกว่า 25 เปอร์เซนต์

ในส่วนของพืชแต่ละชนิดยังมีความผันแปรของค่า ที่ขึ้นกับระยะการเจริญเติบโตของพืชที่ทำการเพาะปลูก Wischmeier และ Smith (1978) กล่าวว่าการคลุมดินของพืชจะผันแปรไปตามอายุของพืช ทำให้การชะล้างพังทลายของดินแตกต่างกันออกไปด้วย โดยได้แบ่งช่วงของการจัดการและการเจริญของพืชออกเป็น 6 ช่วงด้วยกัน คือ

ช่วง F; ช่วงไถเตรียมดิน (rough fallow) เริ่มจากการไถพลิกดินจนถึงการหว่านเมล็ด

ช่วง SB; ช่วงการปลูก (seedbed) เริ่มจากการไถพรวนแล้วหว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึง 1 เดือนหลังจากหยอดเมล็ด

ช่วงที่ 1 ช่วงการตั้งต้น (establishment) เริ่มต่อจากช่วงการปลูก (SB) จนถึงช่วงที่พืชมีการเจริญเติบโตจนทรงพุ่มปกคลุมพื้นได้ 50 เปอร์เซนต์ (35 เปอร์เซนต์สำหรับฝ้าย)

ช่วงที่ 2 ช่วงการพัฒนา (Development) เริ่มต่อจากช่วงที่ 1 จนถึงช่วงที่ทรงพุ่มของพืชปกคลุมพื้นที่ถึง 75 เปอร์เซนต์ (60 เปอร์เซนต์สำหรับฝ้าย)

ช่วงที่ 3 ช่วงการเจริญเติบโตและสุกแก่ (growing and maturing - crop) เริ่มต่อจากช่วงที่ 2 จนถึงช่วงที่เก็บเกี่ยวพืช

ช่วงที่ 4 ช่วงเศษเหลือและสิ่งปกคลุม (residue and stubble) เริ่มหลังจากพืชถูกเก็บเกี่ยวเสร็จจนกว่าจะถึงการไถเตรียมดินครั้งใหม่

ในการประเมินค่า C ในแปลงทดลองนั้นควรกระทำทุกระยะของการจัดการเพื่อจะได้ทราบค่า C ของพืชตลอดการเพาะปลูก ส่วนค่า C ตลอดอายุการเจริญเติบโตของพืชนั้นสามารถหาได้จากผลรวมของค่า C ในแต่ละระยะ ดังนี้

$$C_w = \left(\sum_{i=1}^{n} C_i \times \% R_i\right)/100$$

โดยที่ C_w = ค่าปัจจัยการจัดการพืชตลอดอายุการเจริญเติบโต

C_i = ค่าปัจจัยการจัดการพืชช่วงที่ i

$\% R_i$ = เปอร์เซนต์ค่าดรรชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝนในช่วงที่ i ของพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับค่า C ของพืชชนิดต่าง ๆ สามารถหาดูได้จากตารางในภาคผนวกที่ 10 และ 11

สำหรับพืชไร่บางชนิดที่ไม่ทราบค่า C เราสามารถประเมินได้โดยอาศัยแผนภาพของ Wischmeier และ Smith (1978) เป็นเครื่องมือโดยเน้นที่ปัจจัยหลัก ๆ ดังแผนภาพในภาคผนวกที่ 13 ซึ่งจำเป็นต้องทราบค่า 1) ความสูงของทรงพุ่ม (canopy) 2) เปอร์เซนต์การคลุมดินของทรงพุ่ม (% cover by canopy) 3) เปอร์เซนต์การคลุมดินของเศษพืช (% cover by mulch) ผลคูณของค่าทั้ง 2 คือค่าประมาณของค่า C ของพืชชนิดนั้น ๆ

สำหรับในสภาพของป่าไม้นั้น Dissmeyer และ Foster (1981) ได้ใช้ปัจจัยต่าง ๆ ถึง 9 ลักษณะเพื่อการประเมินค่า C ของป่าไม้คือ

1) เนื้อที่บริเวณพื้นดินที่โผล่ (amount of bare soil)

2) ขนาดของทรงพุ่ม (canopy)

3) ปริมาณของการกลับสู่สภาพเดิมของดิน (soil reconsolidation)

4) ปริมาณของอินทรีย์วัตถุ (high organic content)

5) ปริมาณของรากพืชขนาดเล็ก (fine roots)

6) ปริมาณการสะสมของดินในที่เดิม (on-site storage)

7) จำนวนของขั้นบันไดธรรมชาติ (steps)

8) การไถพรวนตามแนวระดับ (contour tillage)

9) ปัจจัยของสารเชื่อมเม็ดดิน (residual binding)

การประเมินค่าของปัจจัยทั้ง 9 สามารถหาได้จากภาคผนวกที่ 14 ผลคูณของค่าปัจจัยทั้ง 9 คือค่า C ของป่าไม้บริเวณนั้น ๆ

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลค่า C ของพืชทั่ว ๆ ไปจากการศึกษาก่อน ๆ ที่รวบรวมจากงานวิจัยต่าง ๆ ส่วนค่า C ของป่าไม้จะใช้ค่าที่ประเมินโดยคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาเกษตรศาสตร์

5. ปัจจัยการจัดการอนุรักษ์ดิน (P-Value)

ปัจจัยการอนุรักษ์ดิน ความหมายในสมการการสูญเสียดินสากลนั้น หมายถึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

"อัตราของการสูญเสียดินในสภาพที่มีการจัดการด้านอนุรักษ์ดิน เปรียบเทียบกับการสูญเสียดินแบบเกษตรกรนิยมที่มีการไถขึ้น-ลงตามความลาดเท" (Wischmeier และ Smith, 1978) มาตรการอนุรักษ์ดินวิธีต่าง ๆ มีดังนี้ (ชวลิต 2526)

1) การปลูกพืชตามแนวระดับ (contouring or contour cultivation) เป็นการทำการเกษตรขวางความลาดเทของพื้นที่ทั้งการไถเตรียมดินและการปลูกพืชมีประสิทธิภาพในพื้นที่ที่มีความชัน 3-8 เปอร์เซนต์ และพายุฝนไม่รุนแรงมากนัก ค่า P ของการอนุรักษ์ดินดูจากภาคผนวกที่ 15

2) การปลูกพืชสลับเป็นแถบ (strip cropping) เป็นการปลูกพืชต่างชนิดเป็นแถบ ๆ บนพื้นที่เดียวกันขวางความลาดเทของพื้นที่หรือตามแนวระดับ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดเทไม่เกิน 12 เปอร์เซนต์และระยะความยาวของความลาดเท ไม่เกิน 150 เมตร การปลูกพืชสลับเป็นแถบแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด คือ

2.1 การปลูกพืชสลับเป็นแถบตามแนวระดับ (contour strip cropping)

2.2 การปลูกพืชสลับเป็นแถบโดยไม่คำนึงถึงแนวระดับ (field strip cropping)

2.3 การปลูกพืชสลับที่มีการแก้แถบ (buffer strip cropping)

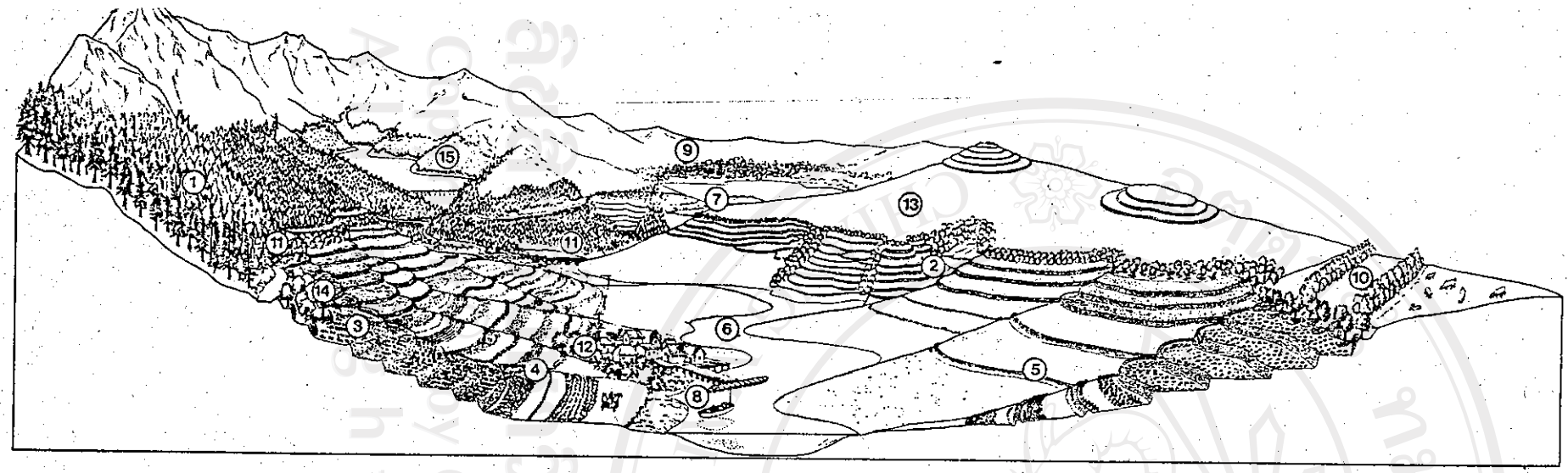
2.4 การปลูกพืชสลับขวางทิศทางลม (wind strip cropping)

3) การทำคันดินกั้นน้ำ (terracing) คือการทำคันดินและร่องน้ำขวางความลาดเทไปตามแนวระดับของพื้นที่ เพื่อลดความยาวของความลาดเทและลดความเร็วของน้ำไหลบ่า แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

3.1 คันดินแบบขั้นบันได (bench terrace) เป็นการแบ่งระยะของความยาวของความลาดเทในพื้นที่ที่มีความลาดเทสูงกว่า 15 เปอร์เซนต์ ทำให้รูปร่างคล้ายขั้นบันได แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

- ขั้นบันไดแบบพื้นราบ (level type)
- ขั้นบันไดแบบพื้นเอียงออก (sloping outward type)
- ขั้นบันไดแบบพื้นเอียงเข้า (sloping inward type)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



1. ปลูกป่า-ไม้โตเร็วในที่สูง
2. ป้องกันการพังทลายของดินแบบร่องลึก โดยสร้างฝายน้ำล้น และปลูกต้นไม้บนสันฝังร่องลึก
3. พื้นที่ที่สูงหากนำมาทำการเกษตรต้องทำขั้นบันไดดิน
4. ปลูกพืชตามแนวระดับบนพื้นที่ลาดเท
5. จัดสร้างคันดินควบคุมการไหลบ่าของน้ำบนผิวหน้าดิน
6. เมื่อสามารถควบคุมการชะล้างพังทลายของดินได้ ปัญหาอุทกภัยก็บรรเทาลง
7. เพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บและส่งน้ำให้กับหมู่บ้าน
8. เพิ่มประสิทธิภาพการคมนาคมทางน้ำและเพิ่มปริมาณสัตว์น้ำในลำน้ำต่าง ๆ
9. ชุมชนเมืองขยายตัว
10. มีการปลูกต้นไม้เป็นแนวบังลม เพื่อลดการพังทลายของดินโดยลม ในบริเวณทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
11. การปลูกป่า-ไม้โตเร็วในที่สูง ป้องกันดินถล่ม ที่มาทับถมเส้นทางถนน
12. ชุมชนในชนบทขยายตัวเมื่อได้รับการปรับปรุงบริการชุมชนจากรัฐเพิ่มขึ้น ลดปัญหาการย้ายถิ่นฐานเข้าเขตเมือง
13. ปลูกพืชหมุนเวียนสลับเป็นแถวตามแนวระดับในที่ลาดเท
14. ปลูกต้นไม้บนชั้นบันไดดินป้องกันดินถล่ม
15. ป่าไม้ช่วยป้องกันการตื้นเขินในอ่างเก็บน้ำ

รูปที่ 16 แสดงตัวอย่างการจัดระบบอนุรักษ์ดินและการใช้ที่ดินบริเวณต่าง ๆ ของพื้นที่ (FAO,1984; อ้างโดย อรรถและคณะ 2527-2528)

3.2 คันดินแบบฐานกว้าง (broadbase terrace) เป็นคันดินกั้นน้ำที่ทำขึ้นในพื้นที่ที่มีความลาดเทปานกลางไม่เกิน 15 เปอร์เซนต์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

- คันดินกั้นน้ำที่มีการลดระดับในร่องน้ำ (graded terrace)
- คันดินกั้นน้ำที่ไม่มีการลดระดับในร่องน้ำ (level terrace)

นอกจากวิธีการอนุรักษ์ที่กล่าวมาแล้วยังมีวิธีการอื่น ๆ อีกเช่น การสร้างคูรับน้ำรอบเขา (hillside ditch) การสร้างทางรับน้ำปลูกหญ้า (grassed waterway) การสร้างคันกั้นน้ำขนาดใหญ่ (diversion) การปลูกพืชคลุมดิน (cover cropping) และการปลูกพืชหมุนเวียน (crop ratation) เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้บริเวณที่ทำการศึกษาทั่ว ๆ ไปถือว่ายังไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน ยกเว้นบริเวณที่นาจะถือว่ามีระบบอนุรักษ์ดีที่สุด เนื่องจากมีคันนากั้นดินและน้ำล้อมรอบ มีค่า P = 0.05 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดกว่าระบบอนุรักษ์ดินอื่น ๆ ทุกชนิด

<u>การประเมินการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล</u>

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่า การคาดคะเนการชะล้างพังทลายของดิน โดยสมการการสูญเสียดินสากล (A = RKLSCP) เป็นวิธีการที่ดีที่สุด (สมเจตน์,2526) แม้ว่าจะไม่ถูกต้องสมบูรณ์มากนักก็ตาม แต่ก็มีการใช้สมการการสูญเสียดินสากลในการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในที่ต่าง ๆ ของโลกหลายแห่ง เช่น กรมพัฒนาที่ดิน (2524) ใช้ประเมินการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย Brooks (1977) ใช้ประเมินการชะล้างพังทลายของดินในฮาวาย Osborn และคณะ (1977) ใช้ประเมินการชะล้างพังทลายของดินในเขตกึ่งแห้งแล้ง ทางตะวันตกเฉียงใต้ของอเมริกา Roose (1977) ใช้คาดคะเนการชะล้างพังทลายของดินในอัฟริกาตะวันตก Evan (1977) ใช้คาดคะเนการชะล้างพังทลายของดินในแคลิฟอร์เนีย Chao-Chin Chan (1981) ใช้คาดคะเนการชะล้างพังทลายของดินในไต้หวัน Mc Cool และคณะ (1982) ใช้คาดคะเนการชะล้างพังทลายของดินทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแปซิฟิค (pacific northwest) Johnson และคณะ (1984) ใช้ประเมินการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ทำทุ่งหญ้า Dyer (1977) ใช้ประเมินการชะล้างพังทลายในพื้นที่ลุ่มน้ำ ในประเทศไทยนั้นนอกจากกรมพัฒนาที่ดินแล้ว Watanasak

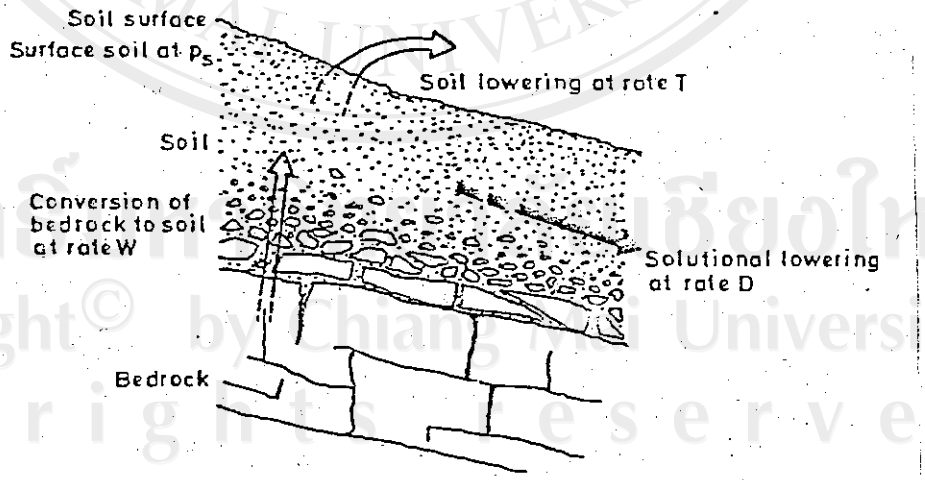
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1978) ได้ใช้ประเมินการชะล้างพังทลายของดินในจังหวัดระยองและชลบุรี ไพฑูรย์(2524) ใช้ประเมินการชะล้างพังทลายของดินในจังหวัดบุรีรัมย์และวัฒนชัย (2528) ใช้ประเมินการชะล้างพังทลายของดินในจังหวัดเชียงใหม่ การประเมินการสูญเสียดินในที่ต่าง ๆ นั้น ก็เพื่อช่วยในการวางแผนการใช้ที่ดินอย่างฉลาดมีหลักเกณฑ์ และมีวิธีการอนุรักษ์ดินที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งจะช่วยให้สามารถใช้ที่ดินได้ตลอดไป

ระดับการสูญเสียดินที่ยอมรับได้ (Soil loss tolerance)

ระดับการสูญเสียดินที่ยอมรับได้หรือ soil loss tolerance หรือ permissible erosion หรือ allowable soil loss (สมเจตน์ 2526) หมายถึง ระดับการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ โดยความสามารถในการให้ผลผลิตของดินต้องรักษาอยู่ได้ในระดับเดิมทั้งทางด้านเศรษฐกิจและผลผลิตของพืช และต้องไม่กระทบกับพื้นที่ข้างเคียงด้วย (Wischmeier และ Smith, 1978 และสมเจตน์ 2526)

Kirkby (1980) ได้อธิบายถึงปริมาณของการสูญเสียดินที่ยอมรับได้ในส่วนที่สัมพันธ์กับการเกิดดิน ดังนี้



รูปที่ 17 แสดงจุดสมดุลย์ของการสูญเสียดิน, T + D และการเกิดดิน, $W.P_s$ (Kirkby, 1980)

จากภาพที่ 17 T คือ อัตราการสูญเสียดินเชิงกล D คือ การสูญเสียดินโดยการกลายเป็นสารละลาย W คือ อัตราการสลายตัวของหินต้นกำเนิด P_s สัดส่วนที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหลืออยู่ของหินที่สลายตัวในช่วงก่อนที่จะขึ้นมาเป็นดินบน โดยทั่วไประดับการสูญเสียดินที่ยอมรับได้ในกรณีนี้ก็คือ อัตราการสูญเสียดินที่ทำให้ $T + D = W$ หรือ $T = W \cdot p_s$ จากสมการทั้งสองนี้สามารถหาค่าของ T ได้คือ

$$T = D(p_s/(1-p_s)$$ หน่วยเป็นไมโครเมตร/ปี

จะเห็นว่าการนำสมการของ Kirkby ไปใช้นั้นต้องทราบค่า D และ P_s ซึ่งเป็นค่าที่ตรวจวัดได้ยาก อย่างไรก็ตาม Wischmeier และ Smith (1978) ได้กำหนดอัตราการสูญเสียดินที่ยอมรับได้ของสหรัฐไว้ให้อยู่ระหว่าง 2-5 ตัน/เอเคอร์/ปี สำหรับประเทศไทย มนู (2526) กล่าวว่าไม่ควรเกิน 5 ตัน/ไร่/ปี (ประมาณ 30 ตัน/เฮกตาร์/ปี) ส่วน Young (1977) ได้กำหนดระดับการสูญเสียดินที่ยอมรับได้ของพื้นที่เกษตรว่า อยู่ระหว่าง 7-15 ตัน/เฮกตาร์/ปี แต่ Hudson (1981) กล่าวว่า นักวิทยาศาสตร์ได้ประเมินไว้ว่าในพื้นที่ที่ไม่ถูกรบกวนนั้นต้องใช้เวลาถึง 300 ปี จึงจะมีหน้าดินหนาขึ้น 25 มม. ซึ่งประมาณได้ว่ามีการเกิดดินขึ้นใหม่ประมาณ 5 ตัน/เฮกตาร์/ปี และมนู (2526) ได้กล่าวว่าในพื้นที่ทำการเกษตรที่มีการไถพรวนและบำรุงรักษาดี ระบบการระบายน้ำและอากาศดี การสลายตัวภายใต้สภาพนี้น่าจะสูงพอ ๆ กับสภาพที่ไม่ถูกรบกวนหรืออาจสูงกว่า ดังนั้นระดับการสูญเสียดิน 5 ตัน/เฮกตาร์/ปี น่าจะเป็นอัตราที่ยอมรับได้ด้วย แต่ Bergsma (1984) ให้ช่วงของการสูญเสียดินที่ยอมรับได้คือ 5-12 ตัน/เฮกตาร์/ปี ซึ่งจัดว่าอยู่ในระดับต่ำ Mc Cormack และ Young (1981) ได้กำหนดระดับการสูญเสียดินที่ยอมรับได้ตามลักษณะของที่ดินและความลึกของดิน ดังตารางที่ 20 นอกจากนี้ Mc Cormack และ Young ยังได้กำหนดเงื่อนไขของการประเมินค่าการสูญเสียดินที่ยอมรับได้ไว้ดังนี้

1. เป็นการสูญเสียดินที่รากพืชหยั่งลึกลงไปใช้ในดินได้มากพอที่จะเจริญเติบโต
2. เป็นการสูญเสียดินที่ไม่ทำให้ผลผลิตของพืชลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนั้นยังได้อธิบายอีกว่าทำไมจึงต้องกำหนดค่าการสูญเสียดินที่ยอมได้ให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับ 5 ตัน/เอเคอร์/ปี (11.2 ตัน/เฮกตาร์/ปี) เนื่องจาก

1. เพราะถ้ามีการสูญเสียดินเกิน 11.2 ตัน/เฮกตาร์/ปี จะมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและควบคุมสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เช่น ทางน้ำ บ่อน้ำ ซึ่งอาจถูกทำลายได้ด้วยตะกอนดินที่ถูกพัดพามาทับถม

2. มักเกินระดับของการชะล้างแบบเป็นแผ่น (sheet erosion) และจะชักนำให้เกิดการพังทลายแบบร่อง (gully) มีตะกอนมากทำให้สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เสียหายได้

3. การสูญเสียธาตุอาหารพืชพวก ไนโตรเจน โปรแตสเซียมและฟอสฟอรัส เมื่อเทียบเป็นค่าเงินประมาณ 67.2 ดอลล่าร์/เฮกตาร์/ปี หรือประมาณ 270 บาท/ไร่/ปี นับว่าสูงมาก

4. ดินโดยทั่วไป เราสามารถจะใช้วิธีอนุรักษ์ดินที่เหมาะสมเพื่อให้การสูญเสียดินลดน้อยกว่า 11.2 ตัน/เฮกตาร์/ปี

ตารางที่ 20 อัตราการสูญเสียดินที่ยอมรับได้ (ตัน/ปี)

ระดับความลึกของดิน (ซม.)	ดินที่ฟื้นสภาพได้*		ดินที่ฟื้นสภาพไม่ได้**	
	ต่อเฮกตาร์	ต่อไร่	ต่อเฮกตาร์	ต่อไร่
0-25	2.2	0.35	2.2	0.35
25-50	4.5	0.72	2.2	0.35
50-100	6.7	1.07	4.5	0.72
100-150	9.0	1.44	6.7	1.07
150	11.2	1.79	11.2	1.79

ที่มา : Mc Cormack และ Young (1981)

หมายเหตุ * ดินที่มีดินล่างลึกสามารถฟื้นสภาพให้ดีได้ โดยการเขตกรรมแบบง่าย ๆ เช่น การไถพรวน ใส่ปุ๋ย ใส่อินทรีย์วัตถุ หรือการจัดการอื่น ๆ

** ดินที่มีดินล่างตื้นไม่สามารถฟื้นสภาพให้ดีได้ โดยวิธีเขตกรรมแบบง่าย ๆ เนื่องจากมีชั้นหินแข็ง ชั้นหินที่กำลังสลายตัวหรือศิลาแลง การฟื้นสภาพต้องลงทุนสูงมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved